

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматизированное управление установкой предварительного сброса воды
УДК 681.5:622.692.4.05

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т7А	Ямкин Никита Николаевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Маланина Вероника Анатольевна	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Черемискина Мария Сергеевна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н., доцент		

Планируемые результаты освоения ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования
ПК(У)-2	Способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий

ПК(У)-3	готов применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств
ПК(У)-4	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования
ПК(У)-5	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам
ПК(У)-6	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа
ПК(У)-7	Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем
ПК(У)-8	Способен выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-9	Способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления
ПК(У)-10	Способен проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления
ПК(У)-11	Способен участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, в работах по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов,

	систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования
ПК(У)-18	Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством,
ПК(У)-19	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами
ПК(У)-20	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций
ПК(У)-21	Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции.
ПК(У)-22	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
Уровень образования – Бакалавриат
Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники
Период выполнения – осенний / весенний семестр 2020 /2021 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.05.2021	Основная часть	60
02.06.2021	Финансовый менеджмент	20
07.06.2021	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н. ,доцент		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8Т7А	Ямкин Никита Николаевич

Тема работы:

Автоматизированное управление установкой предварительного сброса воды	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№50-15/с от 19.02.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:	04.06.2021
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду; энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования: автоматизированная система управления установкой предварительного сброса воды.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Составление технического задания; 2. Описание технологического процесса; 3. Разработка структурной схемы проекта; 4. Разработка функциональной схемы автоматизации проекта (в двух исполнениях); 5. Разработка схемы информационных потоков; 6. Разработка схемы внешних проводок; 7. Разработка экранной формы; 8. Разработка алгоритма управления технологическим оборудованием; 9. Разработка алгоритма сбора данных с нижнего уровня; 10. Разработка алгоритма управления расходом жидкости в трубопроводе; 11. Разработка ПО для ПЛК; 12. Подбор технических средств автоматизации; 13. Осуществление конфигурации датчика давления по HART протоколу;
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Структурная схема; 2. Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.208 -2013; 3. Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.208 -2013 упрощенная; 4. Схема информационных потоков; 5. Схема внешних проводок; 6. Экранная форма; 7. Алгоритм сбора данных с нижнего уровня; 8. Алгоритм управления технологическим оборудованием;
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Маланина Вероника Анатольевна, доцент ОСГН ШБИП, к.э.н.</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Черемискина Мария Сергеевна, ассистент ООД ШБИП</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Нет</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель:

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>Доцент ОАР ИШИТР</p>	<p>Громаков Евгений Иванович</p>	<p>к.т.н., доцент</p>		

Задание принял к исполнению студент:

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>8Т7А</p>	<p>Ямкин Никита Николаевич</p>		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕДИНЕНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т7А	Ямкину Никите Николаевичу

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя - 25000 руб. Оклад консультанта - 14000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Накладные расходы 15%; Районный коэффициент 30%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30,2 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения НИ с позиции ресурсоэффективности.	Описание потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований.	Определение трудоемкости работ для НИ, разработка графика проведения НИ, составление бюджета НИ.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.	Расчёт интегрального показателя ресурсной и финансовой эффективности для всех видов исполнения НИ.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности НИ
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	12.04.2021
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Маланина В.А.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т7А	Ямкин Никита Николаевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т7А	Ямкин Никита Николаевич

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Тема ВКР:

Автоматизированное управление установкой предварительного сброса воды	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: установка предварительного сброса воды. Область применения: подготовка нефти.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	1. Конституция РФ; 2. Трудовой кодекс РФ; 3. Федеральный закон «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» от 24.07.1998 N125-ФЗ; 4. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 N116-ФЗ; 5. ГОСТ 12.3.002-2014. «Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности»; 6. ГОСТ 12.2.033 -78 «Рабочее место при выполнении работ стоя»; 7. СНиП 23-05-95* «Естественное и искусственное освещение»; 8. СанПин 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»; 9. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.»
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы: - пониженная температура воздуха рабочей зоны; - низкий уровень освещения; - повышенный уровень шума;

	<p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования; - электрический ток; - экстремальные значения температуры.
3. Экологическая безопасность:	<p>Атмосфера: выброс газа; Гидросфера: разлив нефти на воде; Литосфера: разлив нефти на земле.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Возможные ЧС: наводнения, ураганы, лесные пожары, возгорания. Наиболее типичная ЧС: пожар.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	12.04.2021
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Черемискина Мария Сергеевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т7А	Ямкин Никита Николаевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 95 страниц машинного текста, 29 таблиц, 22 рисунка, 1 список использованных источников из 37 наименований, 13 приложений.

Ключевые слова: установка предварительного сброса воды, скважинная продукция, автоматическое регулирование уровня жидкости, ПИД-регулятор, трехуровневая АСУ ТП.

Объектом исследования является, установка предварительного сброса воды, которая осуществляет сброс пластовой воды для дальнейшей подачи нефтепродукта на следующую ступень подготовки скважинной продукции.

Цель работы – разработка автоматизированной системы управления установки предварительного сброса воды.

В настоящей работе приведены решения по автоматизации системы сброса пластовой воды и удалению попутного газа.

Разработанная распределенная система управления может применяться на различных промышленных предприятиях и позволит оптимизировать технологический процесс сброса пластовой воды и попутного газа, обеспечить безаварийную работу производства, уменьшить материальные затраты.

Обозначения и сокращения

Таблица 1 – Обозначения и сокращения

Аббревиатура	Расшифровка
АСУ ТП	Автоматизированная система управления технологическим процессом
АД	Асинхронный двигатель
АРМ	Автоматизированное рабочее место
УПСВ	Установка предварительного сброса воды
НГСВ-1	Нефтегазовый сепаратор со сбросом воды
ГС-1	Газовый сепаратор
О-1	Отстойник
БР-1	Блок подачи реагента
Р-1	Отстойник воды
ЦНС	Центробежный насос секционный
УУВ	Узел учёта воды
УУН	Узел учёта нефти
Е-1	Дренажная ёмкость
ГПЗ	Газоперерабатывающий завод
УПН	Узел подготовки нефти
САР	Система автоматического регулирования
СИ	Сервер истории
СВВ	Сервер ввода-вывода
ИМ	Исполнительный механизм
ОУ	Объект управления
ПИД	Пропорционально-интегрально-дифференцирующий регулятор
КИПиА	Контрольно-измерительные приборы и автоматика
ПЛК	Программируемый логический контроллер
НТД	Нормативный технический документ

Продолжение таблицы 1

Аббревиатура	Расшифровка
ФСА	Функциональная схема автоматизации
ТУ	Телеуправление
ТС	Телесигнализация
ТИ	Телеизмерение
ТР	Телерегулирование
IS	Infinity Server
IHS	Infinity History Server
IHC	Infinity History Collector
HART	Highway Addressable Remote Transducer
OPC	Open Platform Communications
UA	Unified Architecture

Оглавление

Обозначения и сокращения	12
Введение	17
1 Общие положения	18
1.1 Цели и задачи проектируемой АСУ ТП	18
1.2 Состав системы	18
1.3 Требование к системе в целом	19
1.3.1 Требования к техническому обеспечению	19
1.3.2 Требования к программному обеспечению	21
1.3.3 Требования к математическому обеспечению	22
1.3.4 Требования к информационному обеспечению	22
2 Основная часть	23
2.1 Описание технологического процесса	23
2.2 Разработка структурной схемы АСУ ТП	23
2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации	25
2.4 Разработка схемы информационных потоков	26
2.5 Выбор технических средств автоматизации	32
2.5.1 Выбор контроллерного оборудования	32
2.5.2 Выбор датчика уровня	35
2.5.3 Выбор датчика расхода	37
2.5.4 Выбор датчика давления	40
2.5.5 Выбор электропривода	41
2.6 Разработка схемы соединений внешних проводок	44
2.7 Выбор алгоритмов управления	45
2.8 Алгоритм управления технологическим оборудованием	45
2.9 Алгоритм сбора данных с нижнего уровня	45
2.10 Алгоритм автоматического ПИД-регулирования технологического параметра	46
2.11 Разработка ПО для ПЛК	51
2.12 Разработка экранной формы	51
2.13 Настройка датчика давления по HART	53
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	57
3.1 Потенциальные потребители результатов исследования	57
3.2 Анализ конкурентных технических решений	57
3.3 SWOT-анализ	59
3.4 Планирование научно-исследовательских работ	60
3.4.1 Структура работ в рамках научного исследования	60
3.4.2 Разработка графика проведения научного исследования	61
3.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	67

3.5.1	Расчёт материальных затрат	67
3.5.2	Расчёт амортизационных отчислений	69
3.5.3	Основная заработная плата исполнителей темы	70
3.5.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	72
3.5.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые исчисления) ...	73
3.5.6	Накладные расходы	73
3.6	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	74
3.7	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	74
3.8	Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	77
4	Социальная ответственность	79
4.1	Введение	79
4.2	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .	80
4.3	Производственная безопасность	82
4.4	Анализ вредных факторов.....	83
4.5	Анализ опасных факторов.....	85
4.6	Экологическая безопасность	87
4.7	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	88
4.8	Вывод по разделу социальная ответственность	89
	Заключение	91
	Список литературы	92
	Приложение А (обязательное) Функциональная схема автоматизации	96
	Приложение Б (обязательное) «Подвал»	98
	Приложение В (обязательное) Функциональная схема автоматизации упрощенная	100
	Приложение Г (обязательное) Структурная схема.....	102
	Приложение Д (обязательное) Схема информационных потоков	104
	Приложение Е (обязательное) Схема внешних проводок	106
	Приложение Ж (обязательное) Мнемосхема	108
	Приложение И (обязательное) Алгоритм сбора данных.....	110
	Приложение К (обязательное) Алгоритм управления клапаном	112
	Приложение Л (обязательное) Листинг	114
	Приложение М (обязательное) Опросный лист на преобразователь уровня	115
	Приложение Н (обязательное) Опросный лист на преобразователь	

расхода.....	116
Приложение П (обязательное) Опросный лист на преобразователь давления	117

Введение

Автоматизация – одно из направлений научно-технического прогресса, использующее саморегулирующие технические средства, экономико-математические методы и системы управления для того, чтобы освободить человека от участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов или информации, либо существенно уменьшить степень этого участия или трудоёмкость выполняемых операций [1]. Требуется дополнительное применение датчиков, устройств ввода и вывода данных, контроллеров, исполнительных механизмов, устройств обработки, хранения и передачи информации.

Долгое время основой энергоснабжения страны и её одним из основных источников дохода является нефтегазовая промышленность. Для эффективного ведения добычи, подготовки или транспорта нефти и газа наиболее целесообразным с точки зрения экономической выгоды является автоматизация технологических процессов и производств.

Введение автоматизированных систем управления на объектах нефтегазовой промышленности позволяет значительно повысить производительность, сократить влияние человека на процесс работы предприятия и уменьшить вероятность возникновения аварийных ситуаций.

Целью данной работы является проектирование автоматизированной системы управления установки предварительного сброса воды.

Объект исследования – установка предварительного сброса воды.

Предмет исследования – автоматизированная система управления установкой предварительного сброса воды.

1 Общие положения

1.1 Цели и задачи проектируемой АСУ ТП

АСУ ТП УПСВ предназначена для автоматизированного контроля, управления технологическими процессами и диагностики оборудования. Автоматизация охватывает весь технологический комплекс основного и вспомогательного оборудования.

Целями создания системы являются:

1. Стабилизация и контроль основных параметров технологического процесса;
2. Обеспечение надежной и безаварийной работы производства;
3. Уменьшение материальных и энергетических затрат;
4. Снижение непроизводительных потерь человеческих, материально - технических и топливно-энергетических ресурсов;
5. Предотвращение аварийных ситуаций;
6. Автоматизированная диагностика оборудования АСУ ТП.

1.2 Состав системы

Для обеспечения работоспособности системы, а также требуемых показателей качества подготовки нефти, система управления установкой предварительного сброса воды должна включать в себя:

- нефтегазосепаратор со сбросом воды;
- газосепаратор;
- отстойник;
- блок подачи реагента;
- отстойник воды;
- центробежный насос секционный;
- узел учёта воды;
- узел учёта нефти;

- дренажная ёмкость;
- факел;
- датчики: уровня, расхода, давления;
- исполнительные механизмы;
- запорно-регулирующие клапаны;
- систему сбора и обработки информации.

1.3 Требование к системе в целом

Проектируемая система должна соответствовать требованиям ГОСТ 24.104-85 «Автоматизированная система управления. Общие требования», с учётом требований, приведённых ниже.

1.3.1 Требования к техническому обеспечению

В проекте будут использоваться следующие технические средства:

1. Контрольно-измерительные приборы (датчики, давления, уровня и т.д.);
2. Исполнительные механизмы;
3. Два программируемых логических контроллер (основной и резервный);
4. Два сервера ввода-вывода (основной и резервный);
5. Два сервера истории (основной и резервный);
6. Два АРМ оператора (основной и резервный);
7. АРМ диагностики оборудования нижнего уровня.

Обработка поступающих с датчиков сигналов измерений и подача команд управления на исполнительные механизмы будут реализованы с помощью ПЛК. Таким образом, ПЛК должен соответствовать следующим основным требованиям:

1. Ввод аналоговых сигналов по интерфейсу (4 – 20) мА;

2. Вывод дискретных сигналов по интерфейсу «сухой контакт»;
3. Вывод аналоговых сигналов по интерфейсу (4 – 20) мА;
4. Обработка сигналов;
5. Поддержка резервирования;
6. Поддержка МЭК 60870-5-104, Modbus TCP/RTU, OPC UA, HART протоколов;
7. Поддержка языков программирования из стандарта МЭК 61131-3;
8. Возможность «горячей» замены модулей ввода/вывода;

Контрольно-измерительные приборы, используемые в системе, должны соответствовать следующим основным требованиям:

1. Степень защиты от воздействия пыли и воды не ниже IP67;
2. Выходной сигнал 4...20мА/HART;
3. Допустимая погрешность измерений – $\pm 1\%$;
4. Напряжение питания 24В;
5. Диапазон температур окружающей среды – $-35...+50^{\circ}\text{C}$.

Исполнительные механизмы должны соответствовать следующим основным требованиям:

1. Максимальный крутящий момент не менее 200 Н·м;
2. Степень защиты от воздействия пыли и воды не менее IP67;
3. Двигатель – асинхронный, короткозамкнутый;
4. Электропривод – многооборотный.

Оборудование верхнего уровня автоматизации состоит из двух АРМ оператора, одного АРМ оператора диагностики полевых средств автоматизации, двух серверов ввода-вывода и двух серверов истории.

В состав каждого АРМ входит:

1. Два монитора;
2. Системный блок компьютера;
3. Пакет общего ПО;

4. Пакет специального ПО.

Сервера ввода-вывода и истории представляют из себя системные блоки, хранящие всю необходимую информацию, в зависимости от предназначения сервера.

Все технические средства должны быть ремонтпригодными и взаимозаменяемыми.

1.3.2 Требования к программному обеспечению

В пакет программного обеспечения АСУ входит:

1. Общее ПО;

В состав общего ПО должны входить: операционная система (Windows 10 для ПК, Linux для ПЛК), среда разработки для ПЛК (CoDeSys), среда разработки прикладного программного обеспечения (SCADA Infinity), а также ПО для работы с HART устройствами (РАСТWare и все необходимые драйверы).

2. Специальное ПО;

Включает в себя все программы, разработанные для определенной АСУ (например, программы для ПЛК, реализующие определенные алгоритмы, или программы для верхнего уровня системы, реализующие графическое отображение конкретного технологического процесса).

Программное обеспечение должно реализовывать функции, достаточные для полноценной работы АСУ ТП. К основным требованиям к ПО можно отнести:

- функциональная полнота;
- надежность;
- возможность применения одного ПО к разным техническим средствам;
- среда создания контроллерного ПО должна поддерживать языки программирования стандарта МЭК 61131-3;
- удобный интерфейс пользователя;
- возможность внесения изменений в программу (для специального ПО).

1.3.3 Требования к математическому обеспечению

Математическое обеспечение включает в себя математические методы, модели и алгоритмы решения различных задач, необходимые для создания и эксплуатации АСУ ТП.

В ходе разработки математического обеспечения должны быть созданы:

- алгоритм управления технологическим оборудованием;
- алгоритм сбора данных с нижнего уровня;
- алгоритм автоматического ПИД-регулирования технологического параметра.

1.3.4 Требования к информационному обеспечению

Информационное обеспечение представляет собой совокупность данных, характеризующих состояние объекта управления. Основным требованием к информационному обеспечению является наличие:

- схемы информационных потоков;
- кодирования информации.

2 Основная часть

2.1 Описание технологического процесса

При достаточно большой обводненности продукции скважин, с целью отделения большей части пластовой воды в системе нефтесбора применяется УПСВ.

Из сборного коллектора продукция скважины поступает в нефтегазовый сепаратор со сбросом воды – НГСВ -1, где в течение некоторого времени происходит разделение на нефтяную эмульсию (с содержанием воды 10-20%), пластовую воду и газ. Далее, нефтяная эмульсия подается в отстойник О-1, при этом в нее добавляется реагент деэмульгатор, для лучшего разделения на нефть и воду. Там же нефть дегазируется и подается дальше на центробежный насос, а затем на узел учёта нефти, пройдя который поступает на УПН.

Газ из НГСВ-1 поступает на газовый сепаратор ГС-1, предназначенный для улавливания конденсата, и, далее, на ГПЗ или на факел.

Отделенная в сепараторе пластовая вода поступает в отстойник Р-1, где происходит улавливание нефти, выносимой из аппаратов вместе с водой. Отстоявшаяся вода поступает на центробежный насос и, пройдя узел учёта воды, используется для целей ППТ (проект планировки территории). Уловленная нефть из отстойника воды поступает в дренажную ёмкость, в которую также сбрасывается конденсат из газового сепаратора. Жидкость из дренажной ёмкости поступает обратно, на вход УПСВ.

2.2 Разработка структурной схемы АСУ ТП

Объектами управления являются запорно-регулирующие клапаны, так как они имеют хорошие регулирующие характеристики, по сравнению с другими типами трубопроводной арматуры.

В емкостях осуществляется замер уровня смеси, давления газа, а в трубопроводах – расход пластовой воды. Исполнительным механизмом является электропривод.

Структурная схема состоит из трех уровней: нижнего (полевого), среднего и верхнего.

Нижний уровень реализует функции сбора и первичной обработки информации о протекании процессов и о состоянии оборудования. Техническая база нижнего уровня включает в себя датчики уровня, давления, расхода и исполнительные механизмы.

Средний уровень реализует задачи контроля и управления технологическим объектом, а также осуществляет сбор, обработку и хранение данных. Устройства среднего уровня располагаются в шкафах управления и функционируют согласно программам, загруженным в них (специальное ПО).

Верхний уровень реализует задачи интерфейса «человек-машина». Средства вычислительной техники, реализующие задачи этого уровня, называют станциями управления или АРМ оператора. На данном уровне находятся 4 сервера, 2 АРМ оператора технологического процесса, АРМ оператора диагностики полевых средств автоматизации с установленной операционной системой, прикладным программным обеспечением (CoDeSys) и базовым программным обеспечением (SCADA).

Все уровни системы взаимодействуют между собой с помощью коммутаторов и сетевых интерфейсов:

- на нижнем уровне (4 – 20) мА – для сигналов телеизмерений и телеуправления;

- на среднем уровне Ethernet – для резервирования контроллеров и связи с верхним уровнем, (4 – 20) мА – для сигналов телеуправления и «сухой контакт» – для индикации;

- на верхнем уровне Ethernet – для резервирования и связи со средним уровнем.

Структурная схема приведена в Приложении Г.

2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации

Функциональные схемы автоматизации являются основным проектным документом, определяющим структуру и уровень автоматизации технологического процесса проектируемого объекта и оснащение его приборами и средствами автоматизации (в том числе средствами вычислительной техники) [2].

ФСА представляют собой чертежи, на которых, при помощи условных обозначений, показывают технологическое оборудование, коммуникации, органы управления, приборы и средства автоматизации, средства вычислительной техники с указанием связей между приборами и средствами автоматизации.

ФСА может быть разработана двумя разными способами, в соответствии со стандартом ГОСТ 21.408-2013:

1. Развернутая схема;

На данной схеме изображается состав контуров управления, а также указано их место расположения. Таким образом, первичные и вторичные преобразователи относятся к полевым устройствам и располагаются «по месту», а все управляющие приборы и индикация вынесена в «подвал» схемы, показывающий подключение датчиков и исполнительных механизмов к соответствующим модулям ввода-вывода ПЛК, а также связь ПЛК с верхним уровнем автоматизации.

2. Упрощенная схема.

При данном исполнении ФСА иллюстрируются только основные функции контуров контроля и управления, без выделения входящих в них отдельных технических средств автоматизации и указания места расположения [3].

Разработанные ФСА УПСВ приведены в Приложении А, Б и В.

2.4. Разработка схемы информационных потоков

На сегодняшний день для передачи любых данных от одного устройства к другому в виде цифрового сигнала наиболее часто используется стек протоколов TCP/IP.

Протокол передачи данных – это набор определенных, которые определяют порядок обмена данными между устройствами. Эти правила задают единообразный способ передачи сообщений и обработки ошибок [4].

В стеке TCP/IP имеется четыре уровня, на каждом из которых работают определенные протоколы. Между собой могут взаимодействовать только смежные уровни стека. В таблице 2 приведено описание функций и приведены наиболее популярные протоколы каждого уровня в сфере АСУ ТП.

Таблица 2 – Описание стека протоколов TCP/IP

Уровень	Описание	Используемые протоколы
Прикладной	В рамках этого уровня происходит взаимодействие между передаваемыми данными и пользователем.	OPC UA, ГОСТ Р МЭК 60870-5-104
Транспортный	На данном уровне контролируется целостность передаваемой информации, а также производится установка и прекращение соединений между устройствами сети.	TCP
Интернет	Здесь происходит выбор оптимального пути передачи данных от источника к приёмнику с учётом их сетевых адресов (IP-адресация).	IPv4

Продолжение таблицы 2

Уровень	Описание	Используемые протоколы
Канальный	На данном уровне физический сигнал (электрический, радиоволны, оптика) конвертируется в последовательность битов (цифровой сигнал). К полученной последовательности добавляются физические адреса (MAC-адреса) источника и приёмника сигнала.	Ethernet II

В данной работе на прикладном уровне на линии передачи данных между верхним и средним уровнем используется протокол ГОСТ Р МЭК 60870-5-104, так как он имеет ряд преимуществ по сравнению с Modbus TCP.

Главным недостатком Modbus TCP является то, что он имеет опрос данных на основе поллинга (последовательный периодический опрос клиентом сервера), что значительно влияет на скорость обновления данных и на эффективность использования канала связи. При этом передается только значение.

В отличие от Modbus TCP, в ГОСТ Р МЭК 60870-5-104 информация передается спорадически – по изменениям. При этом передается метка времени изменения сигнала, его качество и значение.

ГОСТ Р МЭК 60870-5-104 работает по принципу «Master-Slave», где «Master» инициирует запрос, а «Slave» на него отвечает, передавая информацию.

В ГОСТ Р МЭК 60870-5-104 «Master» сначала проводит общий опрос всех подключенных к нему станций и, затем, каждая «Slave» станция передаёт данные в сторону «Master» только если они изменились

(спорадически).

На транспортном уровне работает ТСР. Он контролирует целостность передаваемых данных, а также обеспечивает гарантию доставки данных.

На сетевом уровне будем использовать протокол IPv4, потому что он получил наибольшее распространение, удобен и прост.

На уровне сетевых интерфейсов применяем Ethernet II.

Для передачи информации между устройствами верхнего уровня целесообразнее применять протоколы спецификации OPC UA (DA, AE, HAD, HAE), потому что они шифруют передаваемые данные, обеспечивая тем самым требования информационной безопасности, и являются кроссплатформенными, то есть могут работать на устройствах с разными операционными системами, а не только с Windows.

OPC UA работает по принципу «Client-Server», где «Client» инициирует установку соединения, а «Server» принимает соединение [9]. Сначала в OPC Server создаются теги. В общем случае тег является идентификатором определенного технологического параметра и может передавать его значение. При подключении, «Client» проводит общий опрос сервера и определяет какие теги он содержит. Далее «Client» подписывается на определенные теги сервера и сразу получает последние данные по ним. Затем он будет получать значения только по тем тегам, на которые он подписался, в случае если значение изменилось.

Схема информационных потоков должна отображать взаимодействие между всеми компонентами системы на уровне промышленных протоколов передачи информации.

Для демонстрации работы процесса передачи данных на АРМ были созданы СВВ и СИ на базе ПО SCADA Infinity.

Обмен данными между средним и нижним уровнем осуществляется в двух направлениях посредством передачи непрерывных сигналов телеизмерений, телеуправления и телерегулирования.

Полевые устройства также связаны с АРМ оператора диагностики.

Обмен осуществляется в двухстороннем направлении по HART протоколу.

Непрерывные аналоговые сигналы проходят через фильтр дребезга и передаются по ГОСТ Р МЭК 60870-5-104 в Infinity Server. IS преобразует все данные от ПЛК в протокол OPC UA DA (значения), на основе которых формирует события (OPC UA AE). Далее, значения и события передаются на АРМ и отображаются в виде мнемосхем, графиков и событий.

Команды управления с АРМ посылаются IS по протоколу OPC UA DA. IS преобразует команды управления в протокол ГОСТ Р МЭК 60870-5-104 и передает их на уровень ПЛК, с которого команды поступают на исполнительные механизмы. Протокол ГОСТ Р МЭК 60870-5-104 обеспечивает гарантию доставки команд управления путем получения ответа от контроллера на уровень сервера о получении и исполнении команды.

Для того, чтобы технический персонал мог проследить изменения какого-либо параметра или посмотреть события, произошедшие некоторое время назад, формируются исторические данные. Для этого компонент ИНС собирает все изменения значений и событий с IS, обрабатывает их и передает на сервер истории HIS для хранения. Между коллектором и СИ используется протокол ИНС Protocol. При обрыве связи между коллектором и СИ данные буферизируются, что обеспечивает дополнительную надежность системы. Размер буфера 2 Гб. Таким образом, технический персонал может в любое время получить исторические данные на АРМ, взаимодействуя с сервером истории.

Схема информационных потоков УПСВ приведена в Приложении Д.

Все сигналы телеизмерения, телеуправления и телесигнализации имеют свой уникальный идентификатор (тег), согласно требованию к информационному обеспечению.

Структура шифра имеет следующий вид:

AAA_BBB_C

где

1) AAA – параметр, 3 символа, может принимать следующие

значения:

- PRS – давление;
- LVL – уровень;
- STT – состояние клапана;
- FLW – расход;
- TTU – открыть/закрыть клапан;

2) BBB – код технологического аппарата (или объекта), 3 символа:

- NGS – нефтегазовый сепаратор;
- OVS – отстойник;
- OVV – отстойник воды;
- VLV – запорно-регулирующий клапан;
- GSR – газовый сепаратор
- EDE – дренажная ёмкость

3) CC – уточнение или примечание, не более 2 символов:

- 1 – выход отсепарированной нефти с НГСВ-1;
- 2 – выход пластовой воды с НГСВ-1;
- 3 – выход газа с НГСВ-1;
- 4 – выход нефти с О-1;
- 5 – выход воды с О-1;
- 6 – выход газа на факел;
- 7 – выход газа с ГС-1;
- 8 – выход конденсата с ГС-1;
- 9 – выход жидкости с Е-1;
- 10 – выход нефти с Р-1;
- 11 – вход газожидкостной смеси на НГСВ-1;
- 12 – выход воды с Р-1;
- V – пластовая вода;
- N – нефть.

Знак подчеркивания необходим для отделения одной части

идентификатора от другой.

Кодировка всех сигналов в SCADA-системе представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Кодировка всех сигналов

Кодировка	Расшифровка кодировки
PRS_NGS	Давление газа в НГСВ-1
PRS_GSR	Давление газа в ГС-1
PRS_OVS	Давление газа в О-1
LVL_OVS_N	Уровень нефти в О-1
LVL_OVS_V	Уровень пластовой воды в О-1
LVL_OVV_N	Уровень нефти в Р-1
LVL_OVV_V	Уровень пластовой воды в Р-1
LVL_NGS_N	Уровень отсепарированной нефти в НГСВ-1
LVL_NGS_V	Уровень пластовой воды в НГСВ-1
LVL_GSR	Уровень конденсата в ГС-1
LVL_EDE	Уровень эмульсии в Е-1
FLW_NGS	Расход газожидкостной смеси на входе в НГСВ-1
STT_VLV_1	Состояние клапана на линии выхода отсепарированной нефти после НГСВ-1
STT_VLV_2	Состояние клапана на линии выхода пластовой воды после НГСВ-1
STT_VLV_3	Состояние клапана на линии выхода газа с НГСВ-1
STT_VLV_4	Состояние клапана на линии выхода нефти с О-1
STT_VLV_5	Состояние клапана на линии выхода воды с О-1
STT_VLV_6	Состояние клапана на линии выхода газа на ФНД
STT_VLV_7	Состояние клапана на линии выхода газа на ГС-1
STT_VLV_8	Состояние клапана на линии выхода конденсата с ГС-1
STT_VLV_9	Состояние клапана на линии выхода жидкости с Е-1
STT_VLV_10	Состояние клапана на линии выхода нефти с Р-1
STT_VLV_11	Состояние клапана на линии входа газожидкостной смеси на НГСВ-1
STT_VLV_12	Состояние клапана на выходе воды с Р-1
TTU_VLV_1	Открыть/закрыть клапан на линии выхода отсепарированной нефти после НГСВ-1
TTU_VLV_2	Открыть/закрыть клапан на линии выхода пластовой воды после НГСВ-1
TTU_VLV_3	Открыть/закрыть клапан на линии выхода газа с НГСВ-1
TTU_VLV_4	Открыть/закрыть клапан на линии выхода нефти с О-1
TTU_VLV_5	Открыть/закрыть клапан на линии выхода воды с О-1
TTU_VLV_6	Открыть/закрыть клапан на линии выхода газа на факел с О-1
TTU_VLV_7	Открыть/закрыть клапан на линии выхода газа на ГС-1
TTU_VLV_8	Открыть/закрыть клапан на линии выхода конденсата с ГС-1
TTU_VLV_9	Открыть/закрыть клапан на линии выхода жидкости с Е-1
TTU_VLV_10	Открыть/закрыть клапан на линии выхода нефти с Р-1
TTU_VLV_11	Открыть/закрыть клапан на линии входа газожидкостной смеси на НГСВ-1
TTU_VLV_12	Открыть/закрыть клапан на выходе воды с Р-1

2.5. Выбор технических средств автоматизации

2.5.1. Выбор контроллерного оборудования

В связи с тем, что из-за нестабильной экономической ситуации в мире цены на зарубежную продукцию очень высокие, будем сравнивать контроллеры REGUL R600 и ЭЛСИ ТМК от отечественных производителей «Прософт Системы» и «Элеси» соответственно. На основании сравнения выберем наиболее подходящий продукт.

В состав контроллерного оборудования должны входить следующие комплектующие:

1. Процессорный модуль;

Предназначен для выполнения программы пользователя и управления всеми модулями контроллера.

2. Модули дискретного ввода/вывода;

Выполняют прием и формирование дискретных сигналов.

3. Модули аналогового ввода/вывода;

Предназначены для измерения и формирования сигналов постоянного тока и напряжения постоянного тока.

4. Коммуникационные модули;

Посредством данных модулей осуществляется обмен данными с оборудованием верхнего уровня и другим техническим оборудованием.

5. Модули счёта импульсов;

Предназначены для подсчета импульсов, поступающих от датчиков.

6. Блок питания;

7. Модули шасси;

Предназначены для объединения всех модулей контроллера, а также для установления соединения между ними.

8. Программное обеспечение.

Проведем сравнение процессорных модулей контроллеров REGUL R600-CU-00-071 и ЭЛСИ ТМК ТС 712 A8-100 5ETH [11] [12].

Таблица 4 – Технические характеристики REGUL R600-CU-00-071 и ЭЛСИ ТМК ТС 712 А8-100 5ETH

Технические характеристики	REGUL R600-CU-00-071	ЭЛСИ ТМК ТС 712 А8-100 5ETH
Процессор	Intel Atom E640	Sitara (ARM Cortex-A8)
Тактовая частота, МГц	1000	1000
Операционная система	QNX 6.5 Neutrino	Linux
Объем оперативной памяти, Мб	1024	512
Объем энергонезависимой памяти, Мб	4096	2
Объем flash-памяти, Мб	2048	512
Поддерживаемые интерфейсы	RS-232, RS-485, 4 Ethernet (2xRJ45,2xSFP), 2 USB, VGA, GPS/GLONASS	5 Ethernet, RS-232, USB
Протоколы передачи данных	МЭК 60870-5-101, МЭК 60870-5-104, Modbus TCP/RTU, OPC DA/UA	МЭК 60870-5-104, Modbus TCP/RTU, NTP, OPC UA
Степень защиты	IP20	IP20
SIL	SIL 2	Не сертифицирован
Диапазон рабочей температуры, °С	минус 40...60	минус 25...60
Напряжение питания, В	24	24
Потребляемая мощность, Вт, не более	28,5	7
Максимальное количество поддерживаемых модулей ввода/вывода	14	10
Поддержка резервирования	Поддерживает	Поддерживает
Цена, руб.	80000	55000

По таблице 4 видим, что технические характеристики процессорного модуля REGUL R600-CU-00-071 превосходят ТС 712 А8-100 5ETH практически по всем параметрам, поэтому остановим свой выбор на

контроллере от компании «Прософт Системы».

Далее необходимо выбрать остальные комплектующие.

В исходной системе имеется 24 входных аналоговых сигналов (телеизмерение), 12 выходных аналоговых сигналов (телеуправление) и 18 дискретных выходных сигналов (телесигнализация). Исходя из этого, подберем модули дискретного и аналогового ввода/вывода.

Таблица 5 – Комплект контроллерного оборудования REGUL R600

	Продукт	Количество	Цена за 1 шт.
Процессорный модуль	REGUL R600-CU-00-071	1	80000
Модуль аналогового ввода	R600 AI 16 011	2	15000
Модуль аналогового вывода	R600 AO 08 011	2	15000
Модуль дискретного вывода	R600 DO 32 011	1	15000
Модуль коммуникационный	R600 CP 04 011	1	15000
Модуль счёта импульсов	R600 DA 03 011	1	15000
Модуль шасси	R600 CH 07 011	1	7000
Блок питания	R600 PP 14 011	1	10000

Таким образом было подобрано контроллерное оборудование на базе REGUL R600, удовлетворяющее всем требованиям.



Рисунок 1 –REGUL R600

2.5.2. Выбор датчика уровня

Теперь необходимо подобрать уровнемеры для резервуаров с нефтепродуктами в УПСВ.

Микроволновые радарные уровнемеры имеют ряд преимуществ по сравнению с другими типами уровнемеров:

1. Высокая точность измерения;
2. Большой диапазон измерения;
3. Возможность замера уровня раздела фаз жидкостей;
4. Отсутствует контакт с веществом;
5. Возможность универсальной работы с разными типами емкостей.

Недостатки:

1. Высокая цена, обусловленная дорогим генератором импульсов и средством фиксации времени.

Рассмотрим два микроволновых уровнемера Levelflex FMP54 и Rosemount 5300 [12] [13].

В таблице 6 приведено сравнение технических характеристик датчиков.

Таблица 6 – Технические характеристики Levelflex FMP54 и Rosemount 5300

Технические характеристики	Levelflex FMP54	Rosemount 5300
Диапазон измерений (в зависимости от типа зонда и диэлектрической проницаемости среды)	до 10 метров	до 10 метров
Погрешность измерений, мм	± 2	± 30
Выходной сигнал	1. (4 – 20) мА /HART; 2. Bluetooth; 3. PROFIBUS PA; 4. FOUNDATION Fieldbus;	1. (4 – 20) мА /HART; 2. FOUNDATION Fieldbus; 3. Modbus RTU;

Продолжение таблицы 6

Технические характеристики	Levelflex FMP54	Rosemount 5300
Диапазон рабочих температур окружающей среды, °C	минус 50...80	минус 40...85
Степень защиты датчиков от воздействия пыли и воды	IP68	IP67
SIL	SIL3	SIL3
Напряжение питания, В	24	24
Цена	35000	30000

По таблице 6 видно, что датчик уровня Levelflex FMP54 имеет более лучшие характеристики по сравнению с Rosemount 5300, поэтому остановим свой выбор на нём.



Рисунок 2 – Уровнемер Levelflex FMP54

Принцип работы датчика: прибор генерирует микроволны высокой частоты, которые распространяются вдоль зонда и отражаются от поверхности жидкости. При этом измеряется временной интервал распространения импульса (время между моментом его излучения и моментом приёма) и на основании этого значения высчитывается уровень

жидкости в резервуаре, а также уровень раздела фаз.

Формулы расчета уровня жидкости в резервуаре:

$$D = c \cdot \frac{t}{2}; \quad (1)$$

$$L = E - D, \quad (2)$$

где D – расстояние от датчика до поверхности воды, L – уровень жидкости, E – высота резервуара, t – время распространения импульса, c – скорость света.

Значение уровня передаются посредством токового сигнала (4 – 20) мА с наложенным цифровым сигналом HART.

На рисунке 5 представлен крепёж Levelflex FMP54 в резервуаре, где LN – длина зонда, D – расстояние от датчика до поверхности воды, L – уровень жидкости, R – контрольная точка измерения, E – нулевой уровень, F – полный уровень. [добавить ссылку на руководство по эксплуатации]

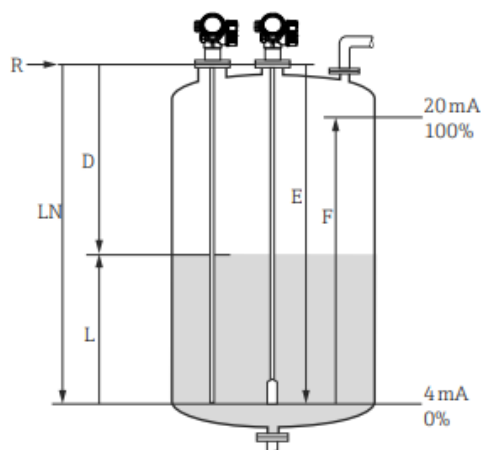


Рисунок 3 – Крепёж Levelflex FMP54

2.5.3. Выбор датчика расхода

Остановимся на ультразвуковых датчиках расхода, имеющих ряд преимуществ по сравнению с другими типами расходомеров:

1. Позволяют измерять уровень расхода любой жидкости по типу агрессивности и вязкости;
2. Быстродействие;
3. Отсутствие контакта с веществом.

Недостатки:

1. Высокая стоимость.

В процессе подбора расходомеров были отмечены 2 ультразвуковых расходомера UFM-3030 и РУС-1, характеристики которых представлены в таблице 7 [14] [15].

Таблица 7 – Технические характеристики UFM-3030 и РУС-1

Технические характеристики	UFM-3030	РУС-1
Погрешность измерений, %	$\pm 0,5$	± 2
Степень защиты датчиков от воздействия пыли и воды	IP 68	IP 55
SIL	Не сертифицирован	Не сертифицирован
Максимальный измеряемый расход, м ³ /ч	128000	110000
Максимальная скорость потока, м/с	20	12
Диапазон рабочих температур окружающей среды, °C	-50 ... + 65	-40 ... + 60
Напряжение питания	24 В	220 В
Выходной сигнал	4...20мА/HART	4...20мА
Цена, руб.	30000	35000

Исходя из таблицы 7 видим, что у датчика UFM-3030 технические характеристики лучше, чем у РУС-1. При этом на токовый выходной сигнал (4 – 20) мА накладывается цифровой сигнал HART, что удовлетворяет исходным требованиям. Таким образом, остановим выбор на UFM-3030.

Принцип работы датчика: прибор работает на основе метода измерения времени прохождения сигнала от источника к приёмнику. Сенсоры генерируют ультразвуковой сигнал, который распространяется по течению потока и против него. Далее фиксируется разница по времени прохождения сигнала и на её основе высчитывается скорость потока, с помощью которой получаем значение расхода жидкости.

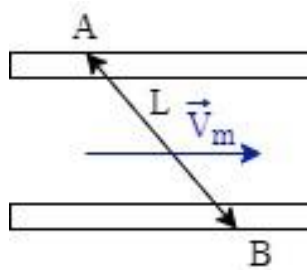


Рисунок 4 – Положение сенсоров в продольном сечении

Ультразвуковая волна движется от точки А к точке В со скоростью:

$$V_{AB} = C_0 + V_m \cdot \cos\varphi; \quad (3)$$

Скорость волны от точки В к точке А:

$$V_{BA} = C_0 - V_m \cdot \cos\varphi; \quad (4)$$

Время прохождения сигнала от точки к точке равно:

$$t_{AB} = \frac{L}{C_0 + V_m \cdot \cos\varphi}; \quad (5)$$

$$t_{BA} = \frac{L}{C_0 - V_m \cdot \cos\varphi}; \quad (6)$$

Скорость потока равна:

$$V_m = G_k \cdot \frac{t_{AB} - t_{BA}}{t_{AB} \cdot t_{BA}}; \quad (7)$$

Расход равен:

$$Q = V_m \cdot S, \quad (8)$$

где А и В – передающие и принимающие сенсоры, L – длина измерительного тракта, V_m – средняя скорость потока жидкости, t_{AB} – время распространения ультразвуковой волны от точки А к В, V_{AB} – скорость распространения ультразвуковой волны от точки А к В, C_0 – скорость звука в жидкости, G_k – постоянная прибора, φ – угол между средней линией трубы и линией измерения, S – площадь поперечного сечения трубы.

UFM-3030 является трехлучевым прибором – это значит, что измерение скорости потока проводится шестью сенсорами, которые работают в паре друг с другом и образуют три измерительных тракта. Один

тракт находится в центре трубы, а остальные по сторонам, симметрично центральному.

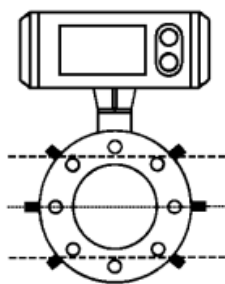


Рисунок 5 – Положение сенсоров в поперечном сечении

2.5.4. Выбор датчика давления

Сравним два преобразователя давления Метран-150С и Yokogawa EJX 430А и выберем из них наиболее подходящий [16] [17].

Технические характеристики двух датчиков представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики Метран-150С и EJX 430А

Технические характеристики	Метран-150С	EJX 430А
Максимальное значение давления, МПа	1,6	3,5
Погрешность измерений, %	$\pm 0,075$	$\pm 0,04$
Диапазон рабочих температур окружающей среды, °С	-46...+80	-30...+80
Степень защиты датчиков от воздействия пыли и воды	IP66	IP67
SIL	SIL2	SIL2
Напряжение питания, В	24	24
Выходной сигнал	4...20мА/HART	4...20мА/HART
Цена, руб.	40000	35000

Из таблицы видно, что датчик Yokogawa EJX430A превосходит Метран-150С практически по всем показателям. Остановим свой выбор на нем.



Рисунок 6 – Датчик давления EJX 430А

Принцип работы датчика: давление подается в камеру измерительного блока, преобразуется в деформацию чувствительного элемента и изменение электрического сигнала. Электронный преобразователь преобразует электрический сигнал в соответствующий выходной сигнал.

2.5.5. Выбор электропривода

В данном разделе подберем многооборотный электропривод, предназначенный для работы на опасных производственных объектах. В ходе поиска подходящих вариантов были отмечены два устройства – РэмТЭК-03.Б.300.30.5 и МТ903.20.М [18] [21].

Технические характеристики указаны в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики РэмТЭК-03.Б.300.30.5 и МТ903.20.М

Технические характеристики	РэмТЭК-03	МТ903.20.М
Максимальный крутящий момент, Н·м	300	200
Диапазон рабочих температур окружающей среды, °С	-60 ...+50	-20...+60
Максимальная скорость вращения выходного звена, об/мин	30	24

Продолжение таблицы 9

Технические характеристики	РэмТЭК-03	МТ903.20.М
Номинальная мощность электродвигателя, Вт	550	370
Степень защиты от воздействия пыли и воды	IP67	IP65
Двигатель	Асинхронный, короткозамкнутый	Асинхронный, короткозамкнутый
Напряжение питания	3х380 В/50 Гц	3х380 В/50 Гц
Выходной сигнал	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА
Цена	70000	60000

По таблице 9 видим, что максимальная скорость перемещения выходного звена, крутящий момент и мощность у РэмТЭК-03 значительно больше, чем у МТ903.20.М, поэтому остановим свой выбор на нём.



Рисунок 7 – РэмТЭК-03

Принцип работы исполнительного механизма: на аналоговый вход блока управления электропривода поступает команда телеуправления «Открыть клапан» («Закрыть клапан»). Затем, в блоке управления формируется сигнал, запускающий асинхронный двигатель, который преобразовывает электрическую энергию сети в механическую энергию вращения вала. Крутящий момент с вала передается на клапан через редуктор, и он начинает либо полностью открываться или закрываться, либо открываться на заданный процент открытия, в соответствии с командой управления.

Рассмотрим принцип работы асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

Данное устройство состоит из статора (неподвижная часть) и ротора (вращающаяся часть). В пазах статора располагается трёхфазная обмотка, выводы которой соединяются либо «звездой», либо «треугольником» и подключаются к сети трёхфазного тока.

Ротор асинхронного двигателя представляет собой «беличью клетку» – замкнутые накоротко с торцов кольцами алюминиевые стержни, – помещенную в пазы сердечника. Механическая энергия вращения ротора передается через приводной вал, встроенный в ротор.

Трёхфазный переменный ток, подаваемый на обмотку статора, создаёт вращающееся магнитное поле. Частота вращения магнитного поля определяется формулой:

$$n_1 = \frac{60 \cdot f}{p}, \quad (9)$$

где n_1 – частота вращения магнитного поля статора, f – частота питающей сети, p – число пар полюсов.

Изменяющийся магнитный поток Φ , по закону электромагнитной индукции Фарадея, индуцирует в «беличьей клетке» ЭДС ε .

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt}; \quad (10)$$

В свою очередь, ЭДС способствует появлению в стержнях «клетки» индукционного тока I , направление которого определяется по правилу Ленца.

На проводник с током («стержни беличьей клетки») в магнитном поле действует сила Ампера, которая создаёт электромагнитный момент M и, соответственно, заставляет ротор вращаться с частотой n_2 .

$$n_2 = n_1 \cdot (1 - s), \quad (11)$$

где n_1 – частота вращения магнитного поля статора, s – скольжение.

2.6. Разработка схемы соединений внешних проводок

Данная схема необходима для того, чтобы показать электрические соединения между приборами полевого уровня и приборами, находящимися в шкафах (или на щитах) автоматизации.

В данной АСУ ТП на схеме изображается шкаф с разъемами для подключения, к которому подведены кабели с полевых приборов.

Подключаемые к шкафу приборы:

1. Уровнемер – Levelflex FMP54;
2. Расходомер – UFM-3030;
3. Датчик давления – Yokogawa EJX 430A.

Для передачи сигналов от уровнемера, датчика давления, расходомеров, на клеммную соединительную коробку будем использовать кабель “КВВГ нг 4х2,5”, где 4 – количество жил, а 2,5 – сечение жил.

Элементы конструкции кабеля:

- медная однопроволочная токопроводящая жила круглой формы;
- изоляция из поливинилхлоридного пластика;
- оболочка из поливинилхлоридного пластика.

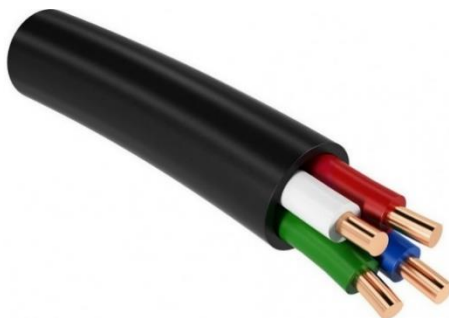


Рисунок 8 – Кабель КВВГ

Кабель КВВГ применяется для прокладки в условиях агрессивной среды, в помещениях, при отсутствии механических воздействий на кабель.

Схема внешней проводки приведена в Приложении Е.

2.7. Выбор алгоритмов управления

В АСУ ТП существует множество различных алгоритмов управления. Выберем для дальнейшего рассмотрения несколько из них:

1. Алгоритм управления технологическим оборудованием;
2. Алгоритм сбора данных с нижнего уровня;
3. Алгоритм автоматического ПИД-регулирования технологического параметра.

2.8. Алгоритм управления технологическим оборудованием

Объектом управления является запорно-регулирующий клапан, расположенный на линии выхода с любой ёмкости, где осуществляется регулирование уровня жидкости. Управление клапаном осуществляется исполнительным механизмом с помощью асинхронного двигателя с частотным преобразователем.

Измеренное значение уровня сравнивается в ПЛК с заданными уставками и, в зависимости от сравнения, формируется управляющее воздействие на клапан.

Алгоритм управления клапаном представлен в Приложении К.

2.9. Алгоритм сбора данных с нижнего уровня

Данный алгоритм показывает принцип сбора данных системы на примере сигнала измерения.

Сигнал подается на контроллер, где происходит сравнение с предыдущим значением измерения этого же параметра. В результате чего определяется изменилась величина параметра или нет (разность измерений должна быть больше определенной величины, для того чтобы контроллер зафиксировал изменение).

Если произошло изменение, то сигнал сравнивается с заданным диапазоном допустимых значений. В итоге значение либо архивируется на сервере, параллельно отображаясь на АРМ, либо включается сигнализация, и

на контроллере происходит формирование соответствующей команды управления.

Схема алгоритма приведена в Приложении И.

2.10. Алгоритм автоматического ПИД-регулирования технологического параметра

Спроектируем замкнутый контур САР, состоящий из ПИД-регулятора, ИМ, чувствительного элемента и ОУ.

Принцип работы САР: технический персонал устанавливает значение расхода в трубопроводе, которое необходимо поддерживать и посылает его на ПЛК, где происходит сравнение данного значения с показанием датчика расхода и на основе сигнала ошибки формируется управляющий токовый сигнал 4...20 мА. Затем данный сигнал поступает на частотный преобразователь, формирующий переменный ток определенной частоты для регулирования вращающегося магнитного поля статора асинхронного двигателя. Редуктор уменьшает крутящий момент выходного вала АД и подает его на запорно-регулирующий клапан.

Таким образом регулируется процент открытия трубопроводной арматуры и, соответственно расход в трубопроводе.

Для поддержания заданного расхода газожидкостной смеси в трубопроводе применим ПИД-регулятор.

Частотный преобразователь в упрощенном виде определяется апериодическим звеном первого порядка:

$$W_{\text{чп}}(s) = \frac{k_{\text{чп}}}{T_{\text{чп}} \cdot s + 1}; \quad (12)$$

Примем постоянную времени для данного преобразователя $T_{\text{чп}}=0,1\text{ с}$.

Для расчета коэффициента передачи примем, что управляющему току с ПЛК 4...20 мА соответствует выходная частота преобразователя от 0 до 50Гц.

Тогда $k_{\text{чп}}$ будет в приращениях равна:

$$k_{\text{чп}} = \frac{50}{16} = 3,125 \frac{\text{Гц}}{\text{мА}}. \quad (13)$$

ПФ частотного преобразователя:

$$W_{\text{чп}}(s) = \frac{3,125}{0,1 \cdot s + 1}. \quad (14)$$

Передающая функция электропривода может быть представлена в упрощенном виде с помощью апериодического звена первого порядка:

$$W_{\text{ад}}(s) = \frac{k_{\text{ад}}}{T_{\text{ад}} \cdot s + 1}; \quad (15)$$

Примем постоянную времени для данного преобразователя $T_{\text{ад}}=0,2\text{с}$.

Для расчета коэффициента передачи примем, что частоте тока 50 Гц соответствует частота вращения магнитного поля статора 40 об/сек.

Тогда $k_{\text{ад}}$ в приращениях равна:

$$k_{\text{ад}} = \frac{40}{50} = 0,8 \frac{\text{об/сек}}{\text{Гц}}; \quad (16)$$

ПФ асинхронного двигателя примет вид:

$$W_{\text{ад}}(s) = \frac{0,8}{0,2 \cdot s + 1}. \quad (17)$$

Будем считать редуктор безынерционным звеном, коэффициент передачи которого равен отношению номинальной частоте вращения выходного вала к частоте вращения магнитного поля статора:

$$k_{\text{редуктор}} = \frac{0,6}{40} \approx 0,015;$$

Примем, что датчик расхода – безынерционное звено.

Запорно-регулирующий клапан описывается интегральным звеном:

$$W(s) = \frac{k_{\text{клапан}}}{s}. \quad (18)$$

Для расчета коэффициента передачи примем, что при номинальной скорости вращения выходного вала электропривода – 40 об/мин (0,6 об/сек), затвор клапана перемещается вверх на 0,01 м. Тогда коэффициент передачи:

$$k_{\text{клапан}} = \frac{0,01}{0,6} \approx 0,02 \frac{\text{м}}{\text{об/сек}};$$

ПФ клапана:

$$W(s) = \frac{0,02}{s};$$

Объектом управления является участок трубопровода. Передаточная функция ОУ может быть представлена в виде апериодического звена с запаздыванием:

$$W(s) = \frac{Q_{\text{вых}}(s)}{Q_{\text{вх}}(s)} = \frac{k}{T \cdot s + 1} \cdot e^{-\tau_0 \cdot s}, \quad (19)$$

где $Q_{\text{вых}}(s)$ – расход смеси после клапана, $Q_{\text{вх}}(s)$ – расход смеси до клапана, k – коэффициент передачи, T – постоянная времени трубопровода, τ_0 – время запаздывания.

Произведем расчет требуемых параметров по формулам:

$$T = \frac{2 \cdot L \cdot S \cdot c^2}{Q_{\text{вх}}}, \quad (20)$$

$$\tau_0 = \frac{L \cdot S}{Q_{\text{вх}}}, \quad (21)$$

$$c = \frac{Q_{\text{вх}}}{S} \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{2 \cdot \Delta p \cdot g}}, \quad (22)$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (23)$$

где L – длина участка трубопровода между датчиком и клапаном, S – площадь сечения трубы, c – коэффициент расхода, $Q_{\text{вх}}$ – расход смеси до клапана, γ – удельный вес смеси, Δp – перепад давления на участке трубопровода, g – ускорение свободного падения, d – диаметр трубопровода.

Примем, что на каждые 0,01 м перемещения запорного элемента клапана, расход будет изменяться на 0,01 м³/с. Тогда коэффициент передачи участка трубопровода будет равен:

$$k = \frac{0,01}{0,01} = 1 \frac{\text{м}^3/\text{с}}{\text{м}};$$

Примем следующие значения исходных параметров [8].

Таблица 10 – Исходные данные

Параметр	Значение
d , м	0,1
L , м	140
$Q_{\text{ВХ}}$, м ³ /ч	1000
Δp , МПа	0,1
γ , кг/с	800
g , м/с ²	9,8

$$\Delta p = 0,1 \text{ МПа} = 10197,1 \frac{\text{кгс}}{\text{м}^2}.$$

$$S = \frac{\pi \cdot (0,1)^2}{4} \approx 0,0079 \text{ м}^2;$$

$$T = \frac{2 \cdot L \cdot S \cdot c^2}{Q_{\text{ВХ}}} = \frac{2 \cdot L \cdot S}{Q_{\text{ВХ}}} \cdot \frac{Q_{\text{ВХ}}^2}{S^2} \cdot \frac{\gamma}{2 \cdot \Delta p \cdot g} = \frac{L \cdot Q_{\text{ВХ}} \cdot \gamma}{S \cdot \Delta p \cdot g} =$$

$$= \frac{140 \cdot \frac{1000}{3600} \cdot 800}{0,0079 \cdot 10197,1 \cdot 9,8} \approx 40 \text{ с};$$

$$\tau_0 = \frac{140 \cdot 0,0079}{\frac{1000}{3600}} \approx 4 \text{ с}.$$

ПФ участка трубопровода:

$$W(s) = \frac{1}{40 \cdot s + 1} \cdot e^{-4 \cdot s}. \quad (24)$$

Полученная модель системы регулирования, разработанная в ПО Matlab Simulink представлена на рисунке 9.

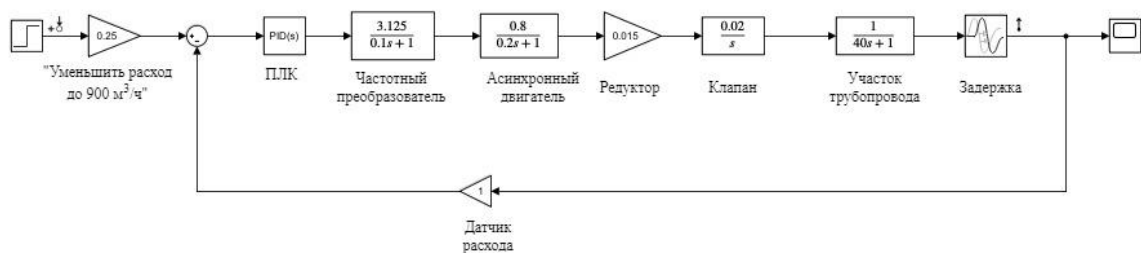


Рисунок 9 – Структурная схема САУ

Настройка ПИД-регулятора была выполнена с помощью автоматических алгоритмов Matlab. Переходный процесс полученной модели представлен на рисунке 10. Полученные коэффициенты ПИД-регулятора представлены на рисунке 11.

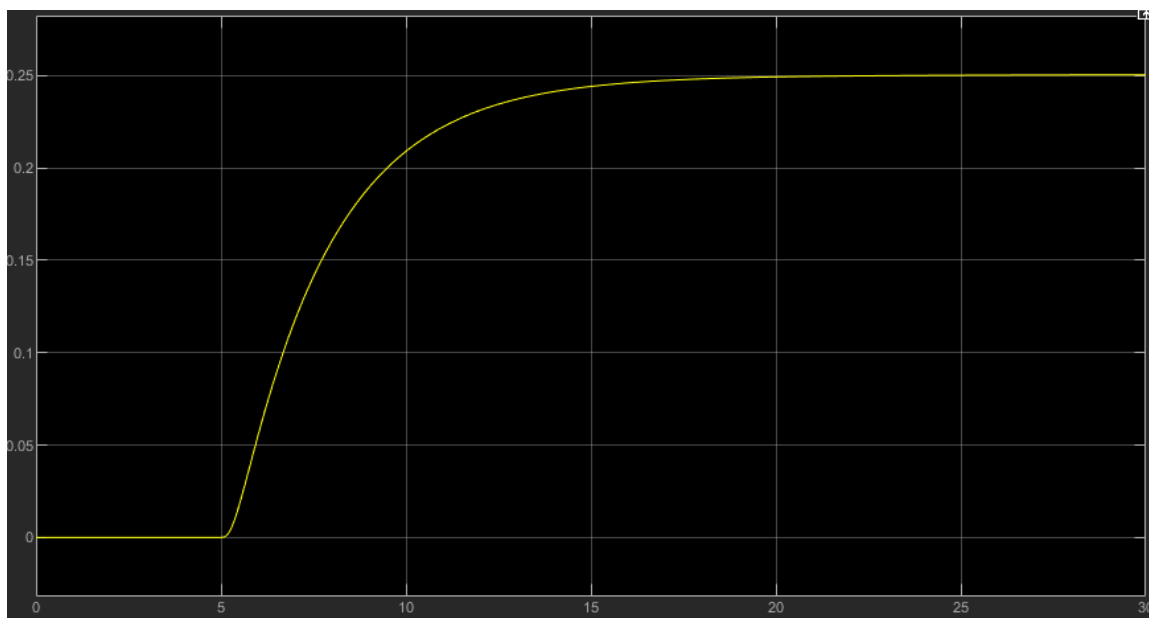


Рисунок 10 – Переходный процесс регулирования расхода

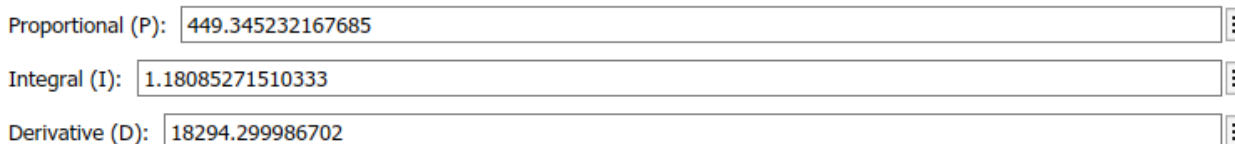


Рисунок 11 – Коэффициенты ПИД-регулятора

Как видно из рисунка 10 время перерегулирования чуть меньше 20 секунд, а само перерегулирование отсутствует, что является хорошим показателем для данного ОУ.

Проверим, как система автоматического регулирования расхода реагирует на возмущающее воздействие.

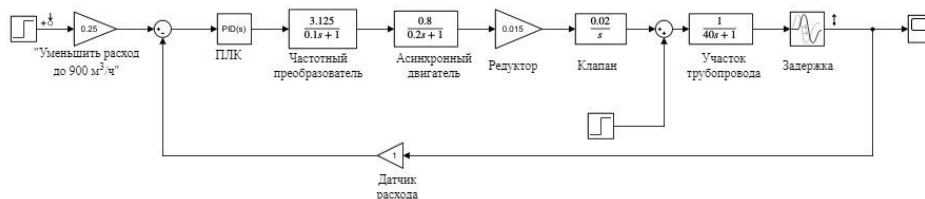


Рисунок 12 – Структурная схема САУ с учётом возмущающего воздействия

Будем считать, что процесс установился при $\pm 5\%$ от установившегося значения, то есть при значениях $0,25 \pm 0,0125$.

Получим график переходного процесса для данного случая.

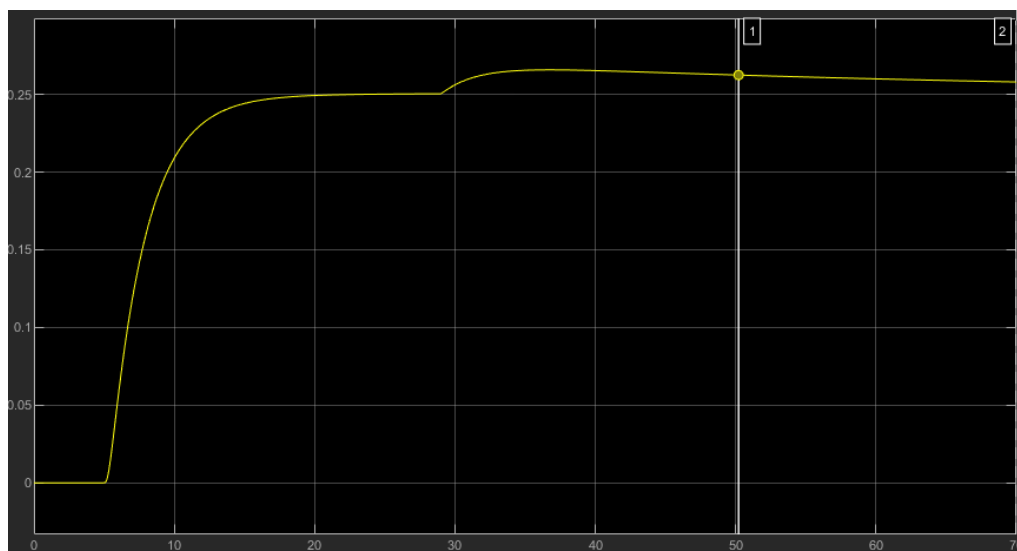


Рисунок 13 – Переходный процесс с учётом возмущающего воздействия

Таким образом, время переходного процесса составило приблизительно 50 секунд, что является хорошим показателем.

2.11. Разработка ПО для ПЛК

Листинг программы открытия и закрытия задвижки, написанный на языке ST, приведен в Приложении Л.

2.12. Разработка экранной формы

Управление в АС УПСВ реализовано при помощи мнемосхемы, на которой наглядно представлен ход технологического процесса, значения его параметров и состояния устройств.

На экране оператора, помимо экранного представления предприятия, присутствуют тренды, отображающие характер изменения по времени технологического параметра или параметров (рисунок 14), а также записи оперативных и исторических событий (рисунок 15 и 16), из которых потом

можно было бы автоматически сгенерировать отчёт в Excel. Записи об аварийных и предаварийных событиях отображаются на фоне красного и желтого цвета соответственно.

Технический персонал имеет возможность влиять на технологический процесс, посылая команды управления с помощью графических элементов на экранной форме (кнопки, ползунки и т.д.).

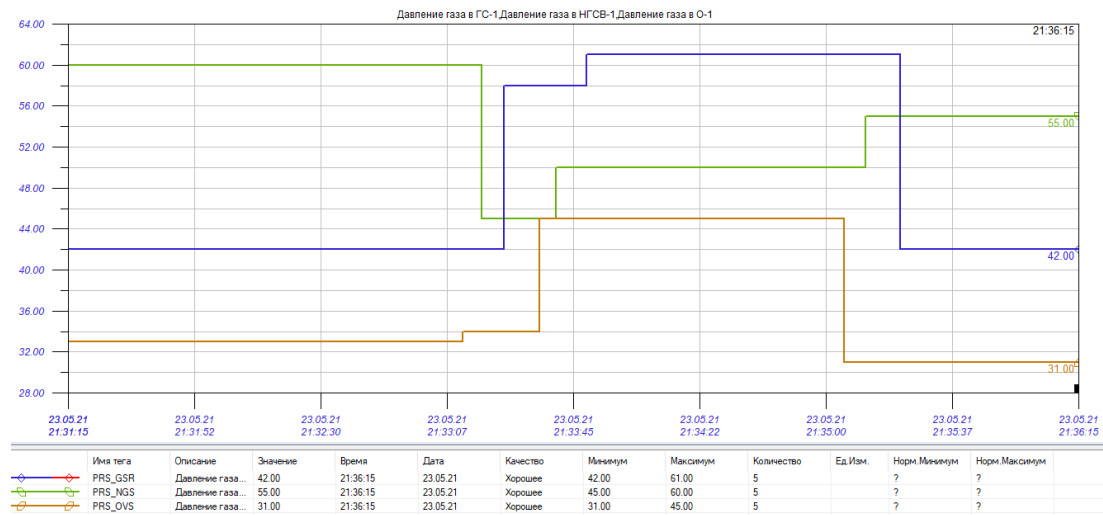


Рисунок 14 – Тренды

Время	Сообщение	Значение	Важность	Группа важности	Тип сигнала
23.05.2021 20:55:19	Уровень эмульсии в Е-1 - минимально-предельное значение	12.000000	2	Значительные	ТИ Нижнее предаварийное
23.05.2021 20:55:00	Уровень нефти в НГСВ-1 - максимально-предельное значение	86.000000	2	Значительные	ТИ Верхнее предаварийное
23.05.2021 20:54:49	Уровень пластовой воды в НГСВ-1 - минимально-предельное значение	12.000000	2	Значительные	ТИ Нижнее предаварийное
23.05.2021 20:54:45	Уровень нефти в О-1 - минимально-предельное значение	18.000000	2	Значительные	ТИ Нижнее предаварийное
23.05.2021 20:54:40	Уровень пластовой воды в О-1 - минимально-аварийное значение	5.000000	1	Аварии	ТИ Нижнее аварийное
23.05.2021 20:54:28	Уровень нефти в Р-1 - максимально-аварийное значение	92.000000	1	Аварии	ТИ Верхнее аварийное
23.05.2021 20:54:18	Давление газа в НГСВ-1 - максимально-предельное значение	80.000000	2	Значительные	ТИ Верхнее предаварийное
23.05.2021 20:54:12	Давление газа в НГСВ-1 - максимально-аварийное значение	800.000000	1	Аварии	ТИ Верхнее аварийное
23.05.2021 20:54:04	Давление газа в О-1 - минимально-аварийное значение	10.000000	1	Аварии	ТИ Нижнее аварийное
23.05.2021 20:53:53	Уровень пластовой воды в Р-1 - минимально-предельное значение	16.000000	2	Значительные	ТИ Нижнее предаварийное

Рисунок 15 – Оперативные события

Время	Сообщение	Значение	Важность	Группа важности	Тип сигнала
23.05.2021 13:35:5	Давление газа в ГС-1 - максимально-аварийное значение	90.000000	1	Аварии	ТИ Верхнее аварийное
23.05.2021 13:18:4	Давление газа в ГС-1 - максимально-аварийное значение	140.000000	1	Аварии	ТИ Верхнее аварийное
23.05.2021 13:18:1	Давление газа в О-1 - минимально-предельное значение	15.000000	2	Значительные	ТИ Нижнее предаварийное
23.05.2021 17:55:1	Задвижка 1. Закрывается - Сигнал установлен	1.000000	9	Информационные	ТС Установлен
23.05.2021 17:55:5	Задвижка 1. Открыта - Сигнал установлен	1.000000	9	Информационные	ТС Установлен
23.05.2021 17:53:1	Задвижка 1. Команда управления - Открыть - Команда отправлена	1.000000	5	Управление	ТИ Верхнее аварийное
23.05.2021 17:54:0	Задвижка 1. Открывается - Сигнал установлен	1.000000	9	Информационные	ТС Установлен
23.05.2021 18:00:4	Задвижка 1. Открывается - Сигнал установлен	1.000000	9	Информационные	ТС Установлен
23.05.2021 17:54:2	Задвижка 1. Открыта - Сигнал установлен	1.000000	9	Информационные	ТС Установлен
23.05.2021 18:01:1	Задвижка 1. Открыта - Сигнал установлен	1.000000	9	Информационные	ТС Установлен
23.05.2021 18:09:0	Задвижка 2. Открывается - Сигнал установлен	1.000000	9	Информационные	ТС Установлен
23.05.2021 18:09:0	Задвижка 3. Закрывается - Сигнал установлен	1.000000	9	Информационные	ТС Установлен
23.05.2021 18:09:1	Задвижка 5. Открывается - Сигнал установлен	1.000000	9	Информационные	ТС Установлен
23.05.2021 18:09:1	Задвижка 7. Открыта - Сигнал установлен	1.000000	9	Информационные	ТС Установлен
23.05.2021 18:09:2	Задвижка 8. Открыта - Сигнал установлен	1.000000	9	Информационные	ТС Установлен
23.05.2021 13:30:3	Уровень конденсата в ГС-1 - минимально-предельное значение	14.000000	2	Значительные	ТИ Нижнее предаварийное
23.05.2021 14:30:4	Уровень нефти в НГСВ-1 - максимально-аварийное значение	90.000000	1	Аварии	ТИ Верхнее аварийное
23.05.2021 14:30:5	Уровень нефти в НГСВ-1 - минимально-предельное значение	80.000000	2	Значительные	ТИ Верхнее предаварийное
23.05.2021 13:28:1	Уровень нефти в НГСВ-1 - минимально-предельное значение	19.000000	2	Значительные	ТИ Нижнее предаварийное
23.05.2021 13:20:5	Уровень нефти в О-1 - максимально-аварийное значение	534.000000	1	Аварии	ТИ Верхнее аварийное
23.05.2021 13:35:0	Уровень нефти в О-1 - минимально-аварийное значение	4.000000	1	Аварии	ТИ Нижнее аварийное
23.05.2021 14:33:3	Уровень пластовой воды в НГСВ-1 - минимально-аварийное значение	5.000000	1	Аварии	ТИ Нижнее аварийное
23.05.2021 13:22:0	Уровень пластовой воды в НГСВ-1 - минимально-предельное значение	12.000000	2	Значительные	ТИ Нижнее предаварийное
23.05.2021 13:35:1	Уровень пластовой воды в О-1 - минимально-аварийное значение	5.000000	1	Аварии	ТИ Нижнее аварийное
23.05.2021 17:48:5	Уровень пластовой воды в Р-1 - минимально-аварийное значение	90.000000	1	Аварии	ТИ Верхнее аварийное
23.05.2021 17:49:2	Уровень пластовой воды в Р-1 - максимально-предельное значение	81.000000	2	Значительные	ТИ Верхнее предаварийное
23.05.2021 14:35:4	Уровень пластовой воды в Р-1 - минимально-предельное значение	80.000000	2	Значительные	ТИ Верхнее предаварийное
23.05.2021 13:33:4	Уровень пластовой воды в Р-1 - минимально-аварийное значение	9.000000	1	Аварии	ТИ Нижнее аварийное
23.05.2021 13:19:0	Уровень пластовой воды в Р-1 - минимально-предельное значение	20.000000	2	Значительные	ТИ Нижнее предаварийное
23.05.2021 13:33:5	Уровень эмulsion в Е-1 - минимально-аварийное значение	3.000000	1	Аварии	ТИ Нижнее аварийное
23.05.2021 17:51:4	Уровень эмulsion в Р-1 - минимально-аварийное значение	90.000000	1	Аварии	ТИ Верхнее аварийное
23.05.2021 13:21:1	Уровень эмulsion в Р-1 - минимально-предельное значение	20.000000	2	Значительные	ТИ Нижнее предаварийное

Рисунок 16 – Исторические события

Мнемосхема приведена в Приложении Ж.

2.13. Настройка датчика давления по HART

HART – это коммуникационный протокол, предназначенный для получения данных об измеряемых величинах, удаленной диагностики и конфигурации полевых устройств, относящийся к прикладному и каналному уровню стека протоколов TCP/IP [6].

Для передачи информации используется токовая петля 4...20 мА с наложенным на неё цифровым сигналом низкой амплитуды и высокой частоты (рисунок 17). При этом логическая «1» соответствует частоте 1200 Гц, а логический «0» – 2200 Гц.

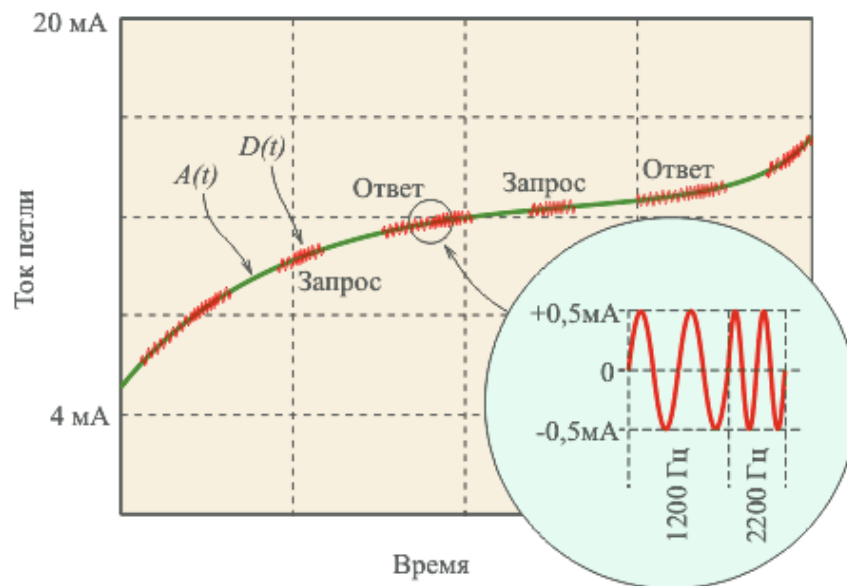


Рисунок 17 – Токовая петля 4...20 мА с наложенным цифровым сигналом [7]

Принцип работы заключается в следующем: во все преобразователи встроен микроконтроллер, генерирующий цифровой сигнал в виде последовательности двоичных «слов» длиной 11 бит каждое. Далее последовательность логических нулей и единиц подвергается частотной манипуляции и накладывается на токовый сигнал 4...20 мА.

Датчики должны быть соединены с любым HART-устройством, предназначенным для считывания информации и установки параметров подчиненных ему преобразователей. Примером таких HART-устройств являются специальные коммутаторы, ПЛК, поддерживающие HART, а также HART-мультиплексоры, к которым можно подключить несколько таких преобразователей.

На мультиплексоре (модуле ПЛК, коммутаторе) токовый сигнал 4...20 мА, благодаря встроенному резистору номиналом 250 Ом, преобразуется в сигнал 0...5 В и подается на АРМ оператора диагностики полевых устройств.

На своём экране, помощью установленных драйверов, технический может видеть и/или менять:

- статус устройства;
- диагностические предупреждения;
- измеряемые величины и единицы измерения;
- ток на выходе датчика;
- параметры конфигурирования;
- сведения о производителе.

На практике была собрана схема для настройки и конфигурирования датчика давления Yokogawa EJX430A (рисунок 18).

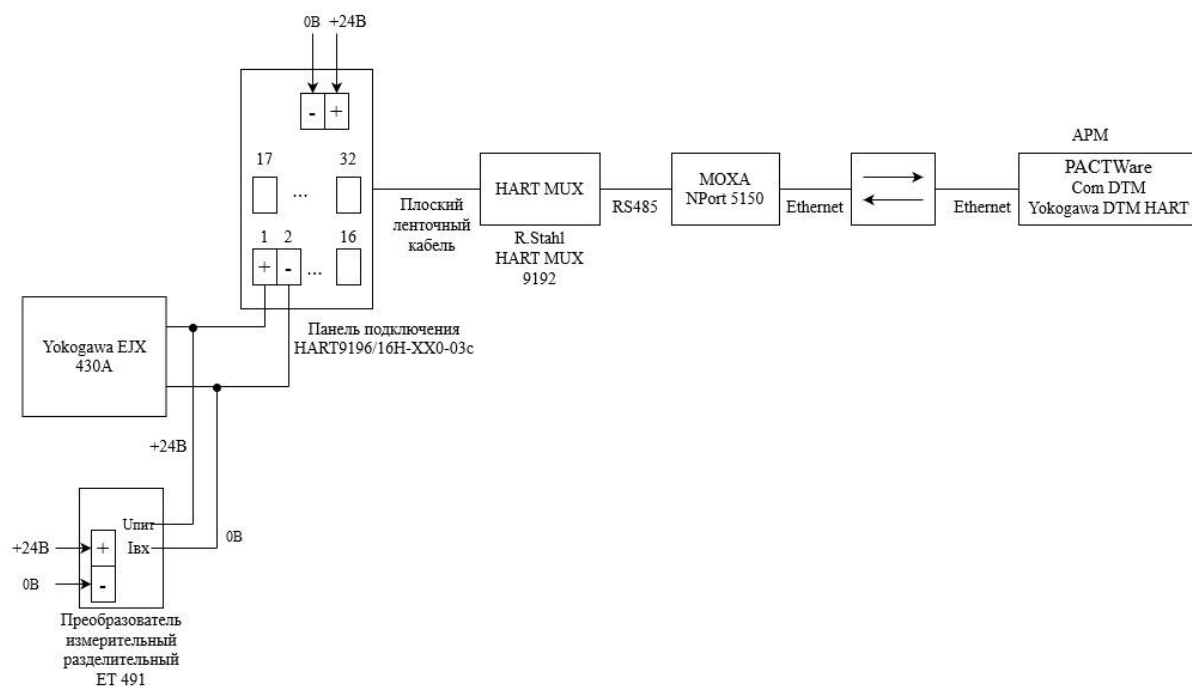


Рисунок 18 – Схема соединения датчика с АРМ

Для взаимодействия с EJX430A, на АРМ были скачены все необходимые драйверы и соответствующее ПО, с помощью которых были видны исходные настройки данного преобразователя давления.

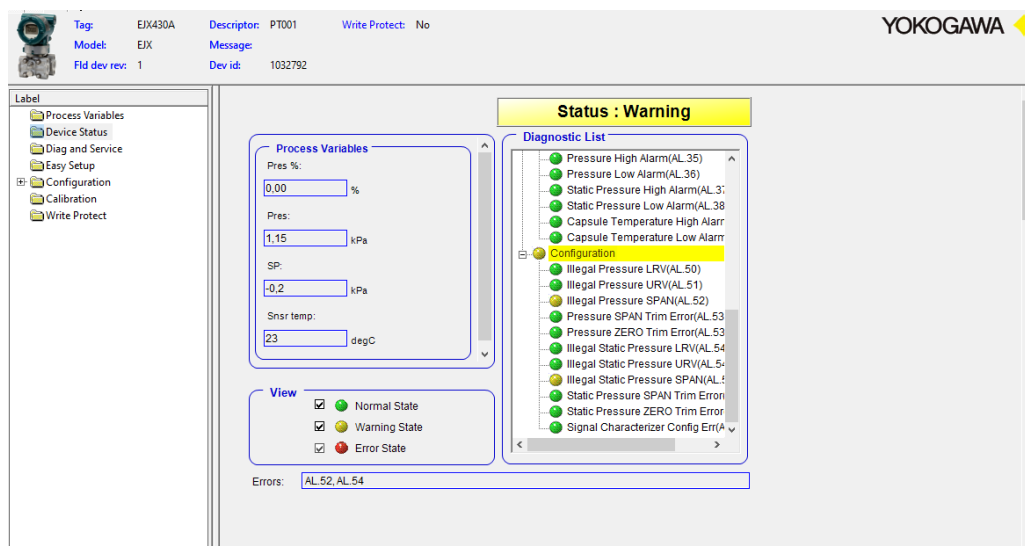


Рисунок 19 – Экранная форма

На рисунке 19 можно видеть, что техническому персоналу предоставляется возможность отслеживать измеренные данные с датчика (Process Variables), а также данные о диагностике состояния (Diag and Service) и конфигурации датчика (Configuration). При этом вся информация предоставляется с помощью различных графических элементов и графиков, что удобно для визуального восприятия.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями проектируемой АСУ ТП являются коммерческие организации в нефтегазовой отрасли, осуществляющие добычу, переработку и транспортировку сырья.

В таблице 11 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика, направление деятельности. Цифрами обозначены компании:

- «1» – ООО «Прософт системы»;
- «2» – АО «ЭлеСи»;
- «3» – ООО «ИнСАТ».

Таблица 11 – Сегментирование рынка

		Вид услуги по автоматизации ТП		
		Проектирование АСУ ТП	Пуско-наладочные работы	Разработка средств автоматизации
Размер компании	Крупные	2	1,2	1,2
	Средние	1,2	1,2,3	1,2,3
	Мелкие	2, 3	1,2,3	1,2,3

По таблице 11 видно, что наименьшая конкуренция на рынке услуг по автоматизации в сегменте проектирования АСУ ТП.

3.2 Анализ конкурентных технических решений

Данный анализ проведён с помощью оценочной карты, представленной в таблице 12, где $B_{к1}$ – АСУ от компании «ЭлеСи», $B_{к2}$ – АСУ от компании «ИнСАТ», B_p – разрабатываемая АСУ.

Таблица 12 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерии	Баллы			Конкурентос- пособность		
		Б _р	Б _{к1}	Б _{к2}	К _р	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Надежность	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Производительность	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Удобство в эксплуатации	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
Энергоэффективность	0,05	3	4	3	0,15	0,2	0,15
Функциональные возможности	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
Ремонтопригодность	0,05	5	3	3	0,25	0,15	0,15
Зависимость от условий внешней среды	0,1	3	3	3	0,3	0,3	0,3
Помехоустойчивость	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
Экономические критерии оценки ресурсоэффективности							
Сопровождение после ввода в эксплуатацию	0,05	4	4	5	0,2	0,2	0,25
Цена	0,1	4	3	5	0,4	0,3	0,5
Конкурентноспособность	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
Итого	1	50	43	44	4,15	3,55	3,65

По таблице 12 видно, что разрабатываемая система является конкурентоспособной. Проектируемая система обеспечивает повышение производительности, предоставляет широкий спектр функциональных возможностей и имеет долгий срок эксплуатации. Ремонтопригодность – ещё одно преимущество данного проекта.

Слабыми сторонами являются низкая энергоэффективность и зависимость от условий внешней среды.

3.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ – метод стратегического планирования, заключающийся в выявлении факторов внутренней и внешней среды организации и разделении их на четыре категории: Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) [22].

В таблице 13 представлена матрица SWOT-анализа.

Таблица 13 – SWOT-анализ

	Сильные стороны проекта: С1. Актуальность разработки. С2. Низкая стоимость. С3. Опытный руководитель.	Слабые стороны проекта: Сл1. Отсутствие работающего прототипа. Сл2. Большой срок поставок оборудования. Сл3. Медленный вывод на рынок продукта.
Возможности: В1. Большой потенциал применения данной АСУ. В2. Использование существующего ПО. В3. Повышение стоимости конкурентных разработок.	Большой потенциал применения обуславливается введением системы управления, мало распространенной на территории РФ и являющейся конкуретоспособной по отношению к зарубежным аналогам. Использование существующего ПО позволяет сэкономить ресурсы на создание уникального ПО.	Нестабильная политическая и экономическая ситуация ограничивают появление новых иностранных технологий на российском рынке.

Продолжение таблицы 13

Угрозы:	Новая система	Медленный ввод
У1. Отсутствие спроса на новые технологии.	управления и актуальность не	продукта на рынок позволит переждать
У2. Развитая конкуренция.	сказываются на спросе. Противодействие со	возможных скачков на рынке спроса.
У3. Сложность перехода на новую систему.	стороны конкурентов не повлияет на наличие опытного руководителя.	
У4. Срыв поставок оборудования.		

3.4 Планирование научно-исследовательских работ

3.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для реализации проекта необходимы два исполнителя – руководитель (Р), студент (С). Разделим выполнение дипломной работы на этапе, представленные в таблице 14.

Таблица 14 – Этапы НИР и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Исполнители
Определение целей, задач, исходных данных	1	Выбор темы ВКР	С
	2	Составление и утверждение технического задания	Р, С
	3	Поиск литературы по теме	Р, С
	4	Календарное планирование работ	Р, С
Разработка АСУ	5	Разработка структурной схемы	С
	6	Разработка функциональной схемы автоматизации проекта (в двух исполнениях)	С
	7	Разработка схемы информационных потоков	С
	8	Разработка схемы внешних проводок	С
	9	Разработка мнемосхемы	С

Продолжение таблицы 14

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Исполнители
Разработка АСУ	10	Разработка алгоритма управления уровнем жидкости	С
	11	Разработка алгоритма сбора данных	С
	12	Исследование алгоритма ПИД-регулирования расходом	С
	13	Разработка программы регулирования процента открытия задвижки на ПЛК	С
	14	Подбор технических средств автоматизации	С
	15	Конфигурация датчика по HART протоколу	С
	16	Написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	С
	17	Написание раздела «Социальная ответственность»	С
	18	Проверка работы с руководителем и консультантом	Р, С
Оформление отчёта	19	Составление пояснительной записки	С
	20	Подготовка презентации дипломного проекта	С

Как можно заметить из таблицы, большинство работы было проделано самостоятельно, но на некоторых этапах требовалась помощь руководителя.

3.4.2 Разработка графика проведения научного исследования

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожi} = \frac{3 \cdot t_{mini} + 2 \cdot t_{maxi}}{5}, \quad (25)$$

где $t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел. дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел. дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел. дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} :

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (26)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел. дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для удобства построения графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни по формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (27)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (28)$$

где $T_{кал}$ – количество календарных дней в году;

$T_{вых}$ – количество выходных дней в году; $T_{пр}$ – количество праздничных дней в году.

Значение коэффициента календарности для 2020 года [23]:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 52 - 19} = \frac{365}{294} = 1,24. \quad (29)$$

С учётом данных таблицы 14 и приведённых выше формул составляется расчётная таблица 15. Диаграмма Ганта, представляющая собой календарный график работ, приведена на рисунке 20.

Таблица 15 – Расчёт трудозатрат на выполнение работ

Наименование работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность работ в календарных днях, T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожi}$, чел-дни			
	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Совместное выполнение работ	Совместное выполнение работ
Выбор темы ВКР	2	0	3	0	2,4	0,0	2,4	3,0
Составление и утверждение технического задания	6	3	10	6	7,6	4,2	3,8	4,7
Поиск литературы по теме	3	1	5	2	3,8	1,4	1,9	2,4
Календарное планирование работ	1	1	2	2	1,4	1,4	1,2	1,5
Разработка структурной схемы	2	0	4	0	2,8	0,0	2,8	3,5
Разработка функциональной схемы автоматизации проекта (в двух исполнениях)	3	0	5	0	3,8	0,0	3,8	4,7
Разработка схемы информационных потоков	4	0	7	0	5,2	0,0	5,2	6,4
Разработка схемы внешних проводок	0,5	0	1	0	0,7	0,0	0,7	0,9

Продолжение таблицы 15

Наименование работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность работ в календарных днях, T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож}$, чел-дни			
	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Совместное выполнение работ	Совместное выполнение работ
Разработка мнемосхемы	1	0	2	0	1,4	0,0	1,4	1,7
Разработка алгоритма управления уровнем жидкости	0,5	0	1	0	0,7	0,0	0,7	0,9
Разработка алгоритма сбора данных	0,5	0	1	0	0,7	0,0	0,7	0,9
Исследование алгоритма ПИД-регулирования расходом	1	0	2	0	1,4	0,0	1,4	1,7
Разработка программы регулирования процента открытия задвижки на ПЛК	0,5	0	1	0	0,7	0,0	0,7	0,9
Подбор технических средств автоматизации	4	0	7	0	5,2	0,0	5,2	6,4
Конфигурация датчика по HART протоколу	5	0	7	0	5,8	0,0	5,8	7,2
Написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	1	0	2	0	1,4	0,0	1,4	1,7
Написание раздела «Социальная ответственность»	1	0	3	0	1,8	0,0	1,8	2,2
Проверка работы с руководителем	1	1	3	3	1,8	1,8	0,9	1,1
Составление пояснительной записки	0,5	0	1	0	0,7	0,0	0,7	0,9
				Итого:	49,3	8,8	42,5	52,7

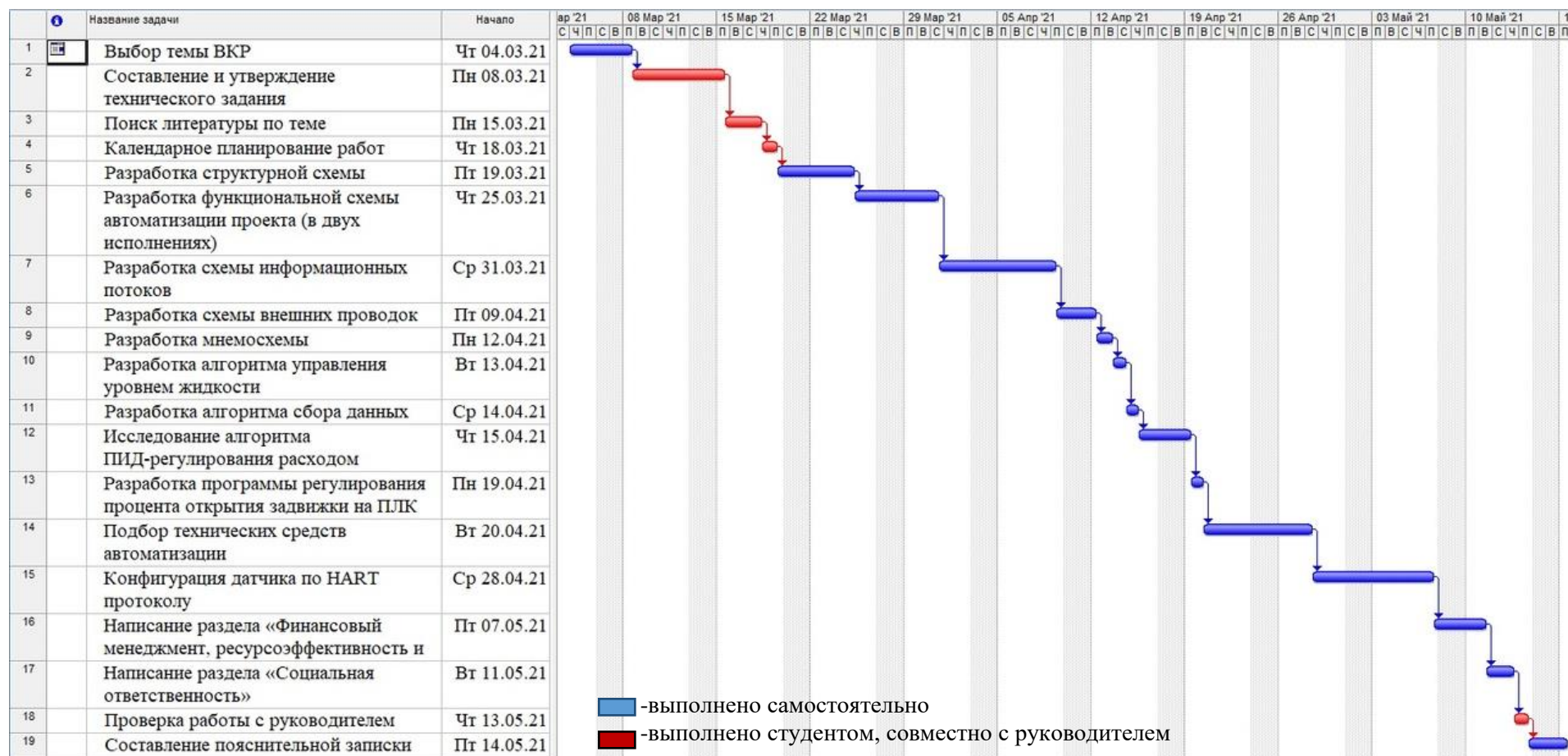


Рисунок 20 – Диаграмма Ганта

Из диаграммы на рисунке 20 видно, что практическая часть всего исследования занимает порядка 1,5 календарных месяцев.

3.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Планирование бюджета позволяет оценить затраты на проведение исследования до его фактического начала и позволяет судить об экономической эффективности работы. В данном разделе подсчитываются следующие статьи расходов:

- материальные затраты;
- амортизационные отчисления;
- основная заработная плата исполнителей;
- дополнительная заработная плата исполнителей;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

3.5.1 Расчёт материальных затрат

В данном разделе рассчитывается стоимость технического обеспечения, используемого в разработке проекта. В таблице 15 приведены материальные затраты. В расчете учитываются транспортные расходы и расходы (величина k_T) на установку оборудования в размере 20% от стоимости материалов.

Основная формула для расчета материальных затрат выглядит следующим образом:

$$З_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{расхи}, \quad (30)$$

где $N_{расхи}$ – количество видов материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.), $Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.), m –

количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования.

Таблица 16 – Материальные затраты

	Количество, шт.	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы
Процессорный модуль REGUL R600-CU-00-071	1	80000	96000
Модуль аналогового ввода R600 AI 16 011	2	15000	36000
Модуль аналогового вывода R600 AO 08 011	2	15000	36000
Модуль дискретного вывода R600 DO 32 011	1	15000	18000
Модуль коммуникационный R600 CP 04 011	1	15000	18000
Модуль счёта импульсов R600 DA 03 011	1	15000	18000
Модуль шасси R600 CH 07 011	1	7000	8400
Блок питания R600 PP 14 011	1	10000	12000
Уровнемер Levelflex FMP54	8	35000	336000
Датчик давления Yokogawa EJX430A	3	35000	126000
Расходомер UFM- 3030	1	30000	36000
Электропривод РэмТЭК-03	12	70000	1008000
Лицензия на CoDeSys	1	15000	18000

Продолжение таблицы 16

	Количество, шт.	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы
Лицензия на SCADA Infinity	1	15000	18000
Лицензия на АОModeler	1	10000	12000
		Итого:	1796400

Для проектирования АСУ ТП необходимо иметь лицензированные программы, такие как: Matlab 2020a, Autodesk Inventor, MathCad, Microsoft Office и т.д.

Студенты ТПУ имеют бесплатный доступ к большинству ПО, что позволяет сократить расходы.

3.5.2 Расчёт амортизационных отчислений

Написание выпускной квалификационной работы по плану занимает 1,5 месяца. Для моделирования и проведения расчётов используется ноутбук, с установленным на него ПО: CoDeSys.

Норма амортизации рассчитывается как [25]:

$$N = \frac{1}{СПИ} \cdot 100\%, \quad (31)$$

где *СПИ* – срок полезного использования объекта в годах.

Если принять срок полезного использования ноутбука равным 3 годам, тогда норма амортизации *N*:

$$N = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,3\%, \quad (32)$$

Годовые амортизационные отчисления с учётом стоимости ноутбука:

$$N_{\text{год}} = 45000 \cdot 0,33 = 13500 \text{ руб.}, \quad (34)$$

Ежемесячные амортизационные отчисления:

$$N_{\text{мес}} = \frac{13500}{12} = 1125 \text{ руб.}, \quad (35)$$

Итоговая сумма амортизации:

$$N_{\text{мес}} = 1125 \cdot 1,5 = 1687,5 \text{ руб.}, \quad (36)$$

Объединим результаты расчетов в таблице 17:

Таблица 17 – Амортизация для ноутбука

	Стоимость, руб.	СПИ	Норма амортизации	Годовая амортизация, руб.	Ежемесячная амортизация, руб.	Итоговая амортизация, руб.
Ноутбук	45000	3	0,33	13500	1125	1687,5
					Итого:	1687,5

3.5.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Рассчитаем основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ:

$$З_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}, \quad (37)$$

где $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{\text{осн}}$).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (38)$$

где $З_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6 дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 18).

Таблица 18 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Число нерабочих дней: – выходные дни – праздничные дни	71	71
Потери рабочего времени: – отпуск – невыходы по болезни	48	72
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	176

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (39)$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска) [26].

Расчет основной заработной платы сводится в таблице 19.

Таблица 19 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{мс}$, руб.	k_p	k_{np}	k_d	$З_m$, руб.	$З_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$З_{осн}$, руб.
Руководитель	25000	1,3	0,3	0,3	52000	2198,4	8,8	19345,7
Студент	14000	1,3	0,3	0,3	29120	1720,7	49,3	84831,8
Итого								104177,55

По результату расчёта основной заработной платы у студента получилась самая высокая основная заработная плата – это связано с числом рабочих дней, затраченных на разработку проекта.

3.5.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн}, \quad (40)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

В таблице 20 представлен расчет дополнительной заработной платы.

Таблица 20 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнители	$З_{осн}$, руб.	$k_{доп}$	$З_{доп}$, руб.
Руководитель	19345,7	0,12	2321,5
Студент	84831,8	0,12	10179,8
Итого			12501,3

Поскольку расчет дополнительной заработной платы представляет собой умножение основной заработной платы на коэффициент, то результат получился схожим с тем, что мы получили при расчёте основной заработной платы.

3.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые исчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (41)$$

где: $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.), равный 30,2 %.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	19345,7	2321,5
Студент	84831,8	10179,8
Отчисления во внебюджетные фонды	30,2%	
Итого		
Руководитель	6543,5	
Студент	2869365	
Итого	35237,0	

По итогу отчисления во внебюджетные фонды составит 35237,0 руб.

3.5.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов.

Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр}, \quad (42)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов возьмем в размере 15 %.

$$Z_{\text{накл}} = 0,15 \cdot (1796400 + 5625 + 104177,55 + 12501,3 + 35237,0) \\ = 293091,128;$$

3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 22.

Таблица 22 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	1796400
2. Амортизационные отчисления	1687,5
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	104177,55
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	12501,3
5. Отчисления во внебюджетные фонды	35237,0
6. Накладные расходы	293091,1
7. Бюджет затрат НТИ	2243094

В ходе формирования бюджета затрат на НТИ вышло, что затраты составляют примерно 2243094 руб. Полученный результат не является до конца точным, поскольку неизвестны материальные затраты, которые понесли руководитель и консультант.

3.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (43)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} –

стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{\max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Φ_{\max} зависит от сложности проекта, который разрабатывается для компании заказчика. На сложность проекта влияет огромное количество факторов, поэтому достоверно оценить величину Φ_{\max} невозможно. Примем, что стоимость выполнения проекта автоматизации УПСВ в компании «ЭлеСи» равняется 2400000 руб., а в компании «ИнСАТ» – 2700000 руб.

Расчет интегрального финансового показателя разработки представлен в таблице 23.

Таблица 23 – Расчет интегрального финансового показателя разработки

Исполнитель	Φ_{pi}	Φ_{\max}	$I_{финр}^{студент}$	$I_{финр}^{«ЭлеСи»}$	$I_{финр}^{«ИнСАТ»}$
Студент с руководителем	2243094 руб.	2700000 руб.	0,83	0,88	1
«ЭлеСи»	2400000 руб.				
«ИнСАТ»	2700000 руб.				

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта представлена в таблице 24.

Таблица 24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Студент с руководителем	«ЭлеСи»	«ИнСАТ»
Рост производительности труда	0,3	5	4	5
Удобство в эксплуатации	0,3	4	5	5
Помехоустойчивость	0,05	4	5	4
Энергосбережение	0,05	5	4	5

Продолжение таблицы 24

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Студент с руководителем	«ЭлеСи»	«ИнСАТ»
Надёжность	0,15	4	4	4
Материалоёмкость	0,15	4	5	4
Итого	1			

Значения интегрального показателя ресурсоэффективности представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Значения интегрального показателя ресурсоэффективности

$I_{студент}$	$I_{\text{«ЭлеСи»}}$	$I_{\text{«ИнСАТ»}}$
4,35	4,5	4,65

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{p-\text{исп.}i}}{I_{\text{исп.}i}^{\text{финр}}}, \quad (44)$$

Значения интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Значения интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки

$I_{\text{исп.студент}}$	$I_{\text{исп.} \text{«ЭлеСи»}}$	$I_{\text{исп.} \text{«ИнСАТ»}}$
5,24	5,11	4,65

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср.}i} = \frac{I_{\text{исп.}i}}{I_{\text{исп.студент}}}, \quad (45)$$

В таблице 27 представлена сравнительная эффективность разработки.

Таблица 27 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Студент с руководителем	«ЭлеСи»	«ИнСАТ»
Интегральный финансовый показатель разработки	0,83	0,88	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,35	4,5	4,65
Интегральный показатель эффективности	5,24	5,11	4,65
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,96	0,87

Исходя из полученных данных таблицы 27, следует, что наиболее эффективной является система, разработанная студентом и его руководителем.

3.8 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В ходе выполнения данного раздела были оценены экономические аспекты проектирования автоматизированной системой управления УПСВ:

1. Выявлены потенциальные потребители результатов исследования. Сегмент разработки АСУ имеет наименьшую конкуренцию на рынке автоматизации предприятий.

Проведён анализ конкурентных технических решений. Выявлено два конкурента: ООО «ИнСАТ» и АО «ЭлеСи». Проектируемая система обеспечивает повышение производительности, предоставляет широкий

спектр функциональных возможностей и имеет долгий срок эксплуатации. Ремонтопригодность – ещё одно преимущество данного проекта.

Слабыми сторонами являются низкая энергоэффективность и зависимость от условий внешней среды.

2. В ходе SWOT-анализа основными угрозами обозначены: отсутствие спроса на новые технологии; развитая конкуренция; сложность перехода на новую систему; срыв поставок оборудования.

3. При планировании научно-исследовательских работ была определена структура работ в рамках научного исследования, по результату чего можно говорить о том, что большинство работы было проделано самостоятельно, однако потребовалась помощь руководителя на начальном и конечном этапе. Также разработан график проведения научного исследования в виде диаграммы Ганта. Из диаграммы видно, что практическая часть всего исследования занимает порядка 1,5 календарных месяца.

4. В процессе расчёта бюджета НТИ было выявлено, что заработная плата руководителя меньше, чем у студента – это связано с тем, что у преподавателя при большем окладе, меньшее число рабочих дней. Бюджет, требуемый для проведения научно-технического исследования, составил 2243094 руб. Полученный результат не является точным.

5. При оценке эффективности исследования было выявлено, что разработанный проект автоматизации управления УПСВ достаточно эффективен среди таких крупных компаний, как «ЭлеСи» и «ИнСАТ». По интегральному показателю эффективности, разрабатываемый проект сильнее конкурентов.

4 Социальная ответственность

4.1 Введение

Организация требуемых условий труда на рабочем месте является одним из важнейших факторов, влияющих на производительность труда, экономическую эффективность и безаварийность производства.

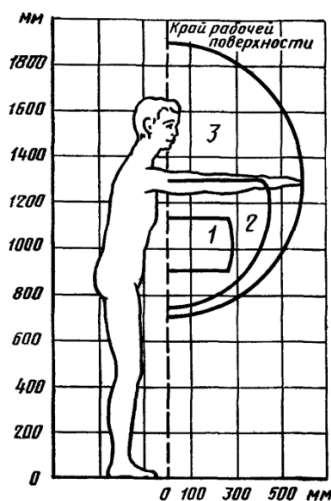
Под условиями труда подразумевается совокупность факторов производственной среды, оказывающих влияние на здоровье и производительность труда человека в процессе работы. Любая производственная деятельность сопряжена с воздействием на персонал вредных и опасных производственных факторов. Таким образом, обеспечение безопасных условий труда является одной из основополагающих целей, к которой должно стремиться руководство предприятия.

В ВКР рассматривается проектирование автоматизированной системы управления технологическим процессом УПСВ. Автоматизация производства позволяет осуществлять технологические процессы без непосредственного участия обслуживающего персонала.

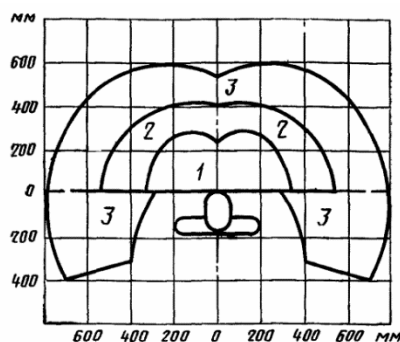
В данном разделе выпускной квалификационной работы дается характеристика рабочей зоны инженера КИПиА, выполняющего работу по наладке, техническому обслуживанию и ремонту контрольно-измерительных приборов и автоматики.

4.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Эргономические требования к рабочему месту инженера КИПиА



- 1 – зона для размещения очень часто используемых и наиболее важных органов управления;
- 2 – зона для размещения часто используемых органов управления;
- 3 – зона для размещения редко используемых органов управления.
- Рисунок 21 – Зона для выполнения ручных операций и размещения органов управления в вертикальной плоскости [27]



- 1 – зона для размещения очень часто используемых и наиболее важных органов управления;
- 2 – зона для размещения часто используемых органов управления;
- 3 – зона для размещения редко используемых органов управления.
- Рисунок 22 – Зона для выполнения ручных операций и размещения органов управления в горизонтальной плоскости [27]

Особенности трудового законодательства применительно к условиям
данного проекта

Федеральный закон N125-ФЗ устанавливает в Российской Федерации правовые, экономические и организационные основы обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве профессиональных заболеваний и определяет порядок возмещения вреда, причиненного жизни и здоровью работника при исполнении им обязанностей по трудовому договору и в иных установленных случаях [28].

Обеспечение по страхованию осуществляется:

1. В виде пособия по временной нетрудоспособности, назначаемого в связи со страховым случаем и выплачиваемого за счет средств на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
2. В виде страховых выплат (единовременной или ежемесячной);
3. В виде оплаты дополнительных расходов, связанных с медицинской, социальной и профессиональной реабилитацией застрахованного.

Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ устанавливает длительность производственного процесса превышает допустимую продолжительность ежедневной работы. В этом случае применяются графики сменности, обеспечивающие непрерывное обслуживание производственного процесса, работу персонала сменами постоянной продолжительности, регулярные выходные дни для каждой бригады, постоянный состав бригад и переход из одной смены в другую после дня отдыха по графику.

На месторождении применяется четырех-бригадный график сменности. При этом ежесуточно работают три бригады, каждая в своей смене, а одна бригада отдыхает. При составлении графиков сменности учитывается положение ст. 103 ТК [29] о предоставлении работникам

еженедельного непрерывного отдыха продолжительностью не менее 42 часов.

4.3 Производственная безопасность

При выборе вредных и опасных факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [30]. Перечень вредных и опасных факторов, характерных для автоматизированной системы управления УПСВ представлен в таблице 28.

Таблица 28 – Вредные и опасные факторы при работе инженера КИПиА

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Наладка	Ремонт	Техническое обслуживание	
Вредные факторы				
Пониженная температура воздуха рабочей зоны	+	+	+	СанПин 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
Низкий уровень освещения	+	+	+	СНиП 23-05-95* «Естественное и искусственное освещение»
Высокий уровень шума			+	СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки»
Опасные факторы				
Движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования		+	+	ГОСТ 12.2.003-91 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности»

Продолжение таблицы 28

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Наладка	Ремонт	Техническое обслуживание	
Опасные факторы				
Электрический ток	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 «Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов» ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»
Экстремальные значения температуры	+	+	+	ГОСТ Р ИСО 12894-2019 «Эргономика термальной среды»

4.4 Анализ вредных факторов

Пониженная температура воздуха рабочей зоны (отклонение показателей микроклимата)

Природа фактора: колебания температур окружающей среды и интенсивное тепловое излучение приборов, температура поверхностей и т.д. Негативные микроклиматические обстоятельства приводят к усилению негативных тенденций здоровья сотрудника, ослаблению внимания, большей утомляемости, и при длительном воздействии имеют все шансы вызвать всевозможные болезни, регламентируют нормы производственного микроклимата.

Средства защиты: для обеспечения комфортных условий используются как организационные методы (рациональная организация проведения работ в зависимости от времени года и суток, чередование труда

и отдыха), так и технические средства (вентиляция, кондиционирование воздуха, отопительная система).

Производственное помещение с контроллерными шкафами для установки предварительного сброса воды можно отнести к категории Па (175 - 232 Вт) по уровню энергозатрат. Для данной категории устанавливаются следующие оптимальные величины показателей микроклимата (таблица 2) [31].

Таблица 29 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах для категории Па

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	19-21	18-22	60-40	0,2
Теплый	20-22	19-23	60-40	0,2

Низкий уровень освещения

Источники возникновения: отсутствие возможности организации естественного освещения, из-за расположения операторной в окружении бетонной защиты. Природа фактора – корпускулы света - фотоны, излучаются источником света в виде волн.

Плохое освещение негативно воздействует на зрение, приводит к быстрому утомлению, снижает работоспособность, вызывает дискомфорт, является причиной головной боли и бессонницы

Для обеспечения рационального освещения необходимо правильно подобрать светильники в сочетании с естественным светом, поддерживать чистоту оконных стекол и поверхностей светильников.

Освещенность рабочего помещения должна соответствовать [32] (таблица 1). Зрительную работу инженера КИПиА можно отнести к работам средней точности 4 разряда «г» подразряда.

Повышенный уровень шума

Одним из важных факторов, влияющих на качество выполняемой работы, является шум. Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное

действие на организм человека. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т. д. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим напряжением, ухудшается речевая коммутация.

Источником шума на УПСВ является работающее оборудование (клапаны, электроприводы, насосы и т.д.) и газожидкостная смесь, перемещающаяся по трубопроводу под большим давлением.

Для предотвращения влияния данного фактора на технический персонал, необходимо делать перерыв за пределами шумного помещения, а также носить шумоподавляющие наушники.

Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука изложены в [33] (таблица 2). При выполнении работ в залах обработки информации на вычислительных машинах на УПСВ допустимое звуковое давление равно 65 дБа [33].

4.5 Анализ опасных факторов

Движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования

При работе с полевым оборудованием (датчики, электроприводы) здоровье инженера КИПиА подвержено опасности со стороны подвижных частей оборудования.

Движущиеся части производственного оборудования, являющиеся возможным источником травмоопасности, должны быть ограждены или расположены так, чтобы исключалась возможность прикасания к ним работающего или использованы другие средства (например, двуручное управление), предотвращающие травмирование.

Если функциональное назначение движущихся частей, представляющих опасность, не допускает использование ограждений или других средств, исключающих возможность прикосания работающих к движущимся частям, то конструкция производственного оборудования должна предусматривать сигнализацию, предупреждающую о пуске оборудования, а также использование сигнальных цветов и знаков безопасности [34].

Электрический ток

Электрический ток представляет собой скрытый тип опасности, т.к. его трудно определить в токо- и нетоковедущих частях оборудования, которые являются хорошими проводниками электричества. Смертельно опасным для жизни человека считают ток, величина которого превышает 0,05 А, ток менее 0,05 А – безопасен (до 1000 В) [35].

Зоной, повышенной электроопасности являются места подключения электроприборов и установок. Нередко подключающие розетки располагают на полу, что недопустимо.

Во время монтажа и эксплуатации линий электросети необходимо полностью сделать невозможным возникновения электрического источника возгорания в следствии короткого замыкания и перегрузки проводов, ограничивать применение проводов с легковоспламеняющейся изоляцией и, за возможности, перейти на негорючую изоляцию.

Контроллерное оборудование, исполнительные нагревательные элементы работают от сети переменного напряжения 220 В и частотой 50 Гц. Данное оборудование подключено через распределительный шкаф. Эти виды оборудования являются потенциальными источниками опасности поражения человека электрическим током. При осмотре, работе, наладке этого оборудования возможен удар током при соприкосновении с токоведущими частями оборудования.

Для обеспечения безопасности в данном случае необходимо установить защитные барьеры или ограждения в близи от

распределительного шкафа. Поставить табличку «Опасно. Высокое напряжение».

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходима изоляция токоведущих частей, установлено защитное отключение, защитное заземление и зануление [36].

Экстремальные температуры

Большинство месторождений в Российской Федерации находятся на территории Крайнего Севера, где температура может опускаться ниже минус 40°C. Это приводит к риску обморожения технического персонала.

При эргономических исследованиях внутренняя температура тела не должна понижаться ниже 35°C. При работе в холодных внутренних помещениях режимы труда и отдыха должны быть такими, чтобы предотвратить охлаждение до гипертермической температуры. Наибольший риск гипотермии возникает при работе на открытом воздухе, когда существует риск намокания защитной одежды и наличия сильного движения холодного воздуха.

При средней степени переохлаждения, как правило, достаточно поместить человека в теплое помещение, в котором он может согреться. В лаборатории также должен быть обеспечен доступ к теплой ванне. Теплый душ является менее подходящим [37].

4.6 Экологическая безопасность

В процессе эксплуатации УПСВ, а именно хранения осушки, очистки, хранения нефти и газа, появляются источники негативного химического воздействия на окружающую среду. По влиянию и длительности воздействия данные источники загрязнения относятся к прямым и постоянно действующим.

Воздействие на атмосферу незначительное, т. к. системы противоаварийной защиты позволяют быстро реагировать на любые утечки,

аварии и другие опасные ситуации. При этом все технологические аппараты оснащены защитными фильтрами.

Воздействие на гидросферу. С целью охраны водоемов от попадания загрязненных стоков, все промышленные стоки направляются по системе трубопроводов на очистные сооружения с последующей подачей их в систему поддержки пластового давления.

Воздействие на литосферу. Основное воздействие на литосферу оказывают разлившиеся промышленные стоки, а также задействованное в производстве оборудование. С целью охраны литосферы, должна вестись работа по охране земель от загрязнения и обеспечиваться рекультивация деградированных и загрязненных земель.

4.7 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Возникновение пожара в рассматриваемом помещении обуславливается следующими факторами: работа с открытой электроаппаратурой, короткое замыкание в блоке питания или высоковольтном блоке дисплейной развертки, нарушенная изоляция электрических проводов, несоблюдение правил пожарной безопасности, наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей и т.п.; наличие кислорода, как окислителя процессов горения.

Источниками зажигания в диспетчерской могут быть электронные схемы от ЭВМ, приборы, применяемые для технического обслуживания, устройства электропитания, где в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать загорания горючих материалов.

Пожарная профилактика основывается на устранении благоприятных условий возгорания. В рамках обеспечения пожарной безопасности решаются четыре задачи: предотвращение пожаров и возгорания, локализация возникших пожаров, защита людей и материальных ценностей, тушение пожара.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования. Необходимо предусмотреть ряд мер, направленных на обеспечение тушения пожара: обеспечить подъезды к зданию; обесточивание электрических кабелей; наличие пожарных щитов и ящиков с песком в коридорах; наличие гидрантов с пожарными рукавами; телефонная связь с пожарной охраной; огнетушители: химический пенный ОХП-10 и углекислотный ОУ-2.

После внедрения автоматизированной системы управления добавилось электрооборудование, которое потенциально повышает вероятность воспламенения. В связи с этим все датчики были подобраны со взрывобезопасным исполнением, дополнительно были заказаны искробезопасные цепи. Дополнительных первичных средств пожаротушения не требуется.

4.8 Вывод по разделу социальная ответственность

В данном разделе были проанализированы вредные и опасные факторы, с которыми может столкнуться инженер КИПиА при работе на производственном объекте, а также методы их предотвращения.

Для защиты от вредных факторов весь рабочий персонал снабжается наушниками с шумоподавлением, рабочая зона снабжается вентиляционным

оборудованием, кондиционерами, отопительной системой и, в том числе, специально подобранными светильниками.

Для предотвращения воздействия опасных факторов, движущиеся части производственного оборудования ограждаются и располагаются так, чтобы исключить возможность прикасания к ним. Все токоведущее оборудование должно устанавливаться с защитными предохранителями, изоляцией и заземлением. При работе в холодное время года, технический персонал должен делать перерывы во избежание переохлаждения.

Для защиты окружающей среды предусмотрена установка защитных фильтров и очистных сооружений. Должна обеспечиваться рекультивация загрязненных почв.

Для предотвращения возникновения пожара технический персонал проходит инструктаж по правилам противопожарной безопасности. Все оборудование на предприятии располагается так, чтобы во время пожара работники могли беспрепятственно и в кратчайшие сроки покинуть очаг возгорания. На производственной территории внедрены огнетушители и пожарные гидранты.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была разработана автоматизированная система управления установки предварительного сброса воды (УПСВ).

В ходе данного проекта был изучен технологический процесс, обеспечивающий разделение газожидкостной смеси на пластовую воду, обезвоженную нефть и газ.

Сконструированы структурная и функциональная схема, с помощью которых можно оценить объем автоматизации предприятия и понять принцип работы автоматизированной системы.

Была разработана схема информационных потоков, демонстрирующая путь сигналов с нижнего уровня на верхний и наоборот, а также схема внешних проводок, показывающая подключение датчиков к шкафу управления.

Спроектированная в ходе выполнения работы мнемосхема и серверы ввода-вывода и истории способствовали проведению имитации работы на АРМ оператора.

Также были показаны алгоритмы управления уровнем жидкости, алгоритмы ПИД-регулирования и сбора данных с устройств нижнего уровня. В том числе разработана программа регулирования процента открытия задвижки на языке ST.

Был осуществлен подбор технических средств автоматизации и выполнена настройка преобразователя давления по HART протоколу.

Таким образом, спроектированная АСУ УПСВ удовлетворяет требованиям технического задания.

Список литературы

1. Автоматизация [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Автоматизация>, свободный.
2. Функциональные схемы автоматизации технологических процессов [Электронный ресурс]: Электротехнический портал. – Режим доступа: <http://xn---8sbnaarbiedfksmiphlmncm1d9b0i.xn--p1ai/proektirovanye-avtomatiki/48-proektirovanye-lokalnyh-sistem-kontrolya/209-funkcionalnye-shemy-avtomatizacii>, свободный.
3. ГОСТ 21.408-2013. Система проектной документации для строительства (СПДС). Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов (с Поправками). Москва: Изд-во стандартов, 2013.
4. Протокол передачи данных [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Протокол_передачи_данных, свободный.
5. ГОСТ Р МЭК 60870-5-104-2004. Устройства и системы телемеханики. Москва: Изд-во стандартов, 2004.
6. HART протокол [Электронный ресурс]: Программа КИПиА. – Режим доступа: <https://www.axwap.com/kipia/items/hart/hart.htm>, свободный.
7. HART-протокол [Электронный ресурс]: Энциклопедия АСУ ТП. – Режим доступа: https://www.bookasutp.ru/chapter2_5.aspx, свободный.
8. Е.И. Громаков, А.В.Лиепиных, Проектирование автоматизированных систем управления нефтегазовыми производствами: учебное пособие: Томский государственный университет. – Томск: Изд-во Томского государственного университета, 2016. – 360 с.
9. Просто о стандартах OPC DA и OPC UA [Электронный ресурс]: IPC2U. – Режим доступа: <https://ipc2u.ru/articles/prostye-resheniya/prosto-o-standartakh-opc-da-i-opc-ua>, свободный.
10. Контроллер программируемый ЭЛСИ-ТМК. Руководство по

эксплуатации ОКП 42 1000.

11. Контроллер программируемый логический REGUL R600. Руководство по эксплуатации. Часть 12. ПБКМ.424359.004.06 РЭ 12.

12. Уровнемер 5300. Волноводный радарный уровнемер. Руководство по эксплуатации 00809-0107-4530.

13. Техническое описание Levelflex FMP54 TI01001F/53/RU/25.19

14. UFM 3030. Руководство по монтажу и эксплуатации UFM 3030-1-00-00-00 РЭ.

15. Ультразвуковые расходомеры РУС-1. Руководство по эксплуатации.

16. Технические характеристики Yokogawa EJX430A.

17. Датчики давления Метран-150. Руководство по эксплуатации СПГК.5285.000.00 РЭ.

18. Электропривод РэмТЭК-03. Руководство по монтажу, наладке, эксплуатации и техническому обслуживанию ОФТ.20.884.00.00.00 РЭ.

19. Типы трубопроводной арматуры и её конструктивные разновидности. Задвижки, вентили, клапаны, краны, заслонки, регуляторы и их отличия [Электронный ресурс] Трубопроводы. – Режим доступа: https://www.12821-80.ru/tech/143-Tipy_truboprovodnoj_armatury_Konstrukciya, свободный.

20. Основы компьютерных сетей. [Электронный ресурс] Хабр. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/307252>, свободный.

21. Электропривод многооборотный Dendor. Тип МТ903.М. Руководство по эксплуатации.

22. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. 399 с.;

23. Производственный календарь на 2020 год [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/law/ref/calendar/proizvodstvennye/2021/>, свободный.

24. Амортизационная группа компьютера [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://spmag.ru/articles/amortizacionnaya-gruppa-kompyutera>, свободный.

25. Годовая норма амортизации [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://glavkniga.ru/situations/k504568>, свободный.;

26. Что такое районный коэффициент и где он используется [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://assistentus.ru/oplata-truda/rajonnyj-koefficient/>, свободный.

27. ГОСТ 12.2.033 -78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://stud.lms.tpu.ru/pluginfile.php/1246625/mod_resource/content/1/ГОСТ%2012.2.033-78.pdf, свободный.

28. Федеральный закон от 24.07.1998 N125-ФЗ (ред. От 05.04.2021) «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19559/ee21454c70780cc41c3bd10dee8972cfde745985/, свободный.

29. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://deti.rkomi.ru/content/6292/Трудовой%20кодекс%20Российской%20Федерации%2030.12.2001г.%20№%20197-ФЗ.pdf>, свободный.;

30. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071>, свободный.

31. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901704046>, свободный.

32. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/871001026>, свободный.

33. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://minstroy.gov-murman.ru/files/4.40-_sn-2.2.42.1.8.562_96-shum-na-rabochikh-mestakh_-v-pomeshcheniyakh-zhilykh_-obshchestvennykh-zdaniy-i-na..._tekst.pdf, свободный.

34. ГОСТ 12.2.003-91 Оборудование производственное. Общие требования безопасности [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901702428?marker=7D20K3>, свободный.;

35. ГОСТ 12.1.038-82 Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/5200313>, свободный.;

36. ГОСТ Р 12.1.019-2009 Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200080203>, свободный.;

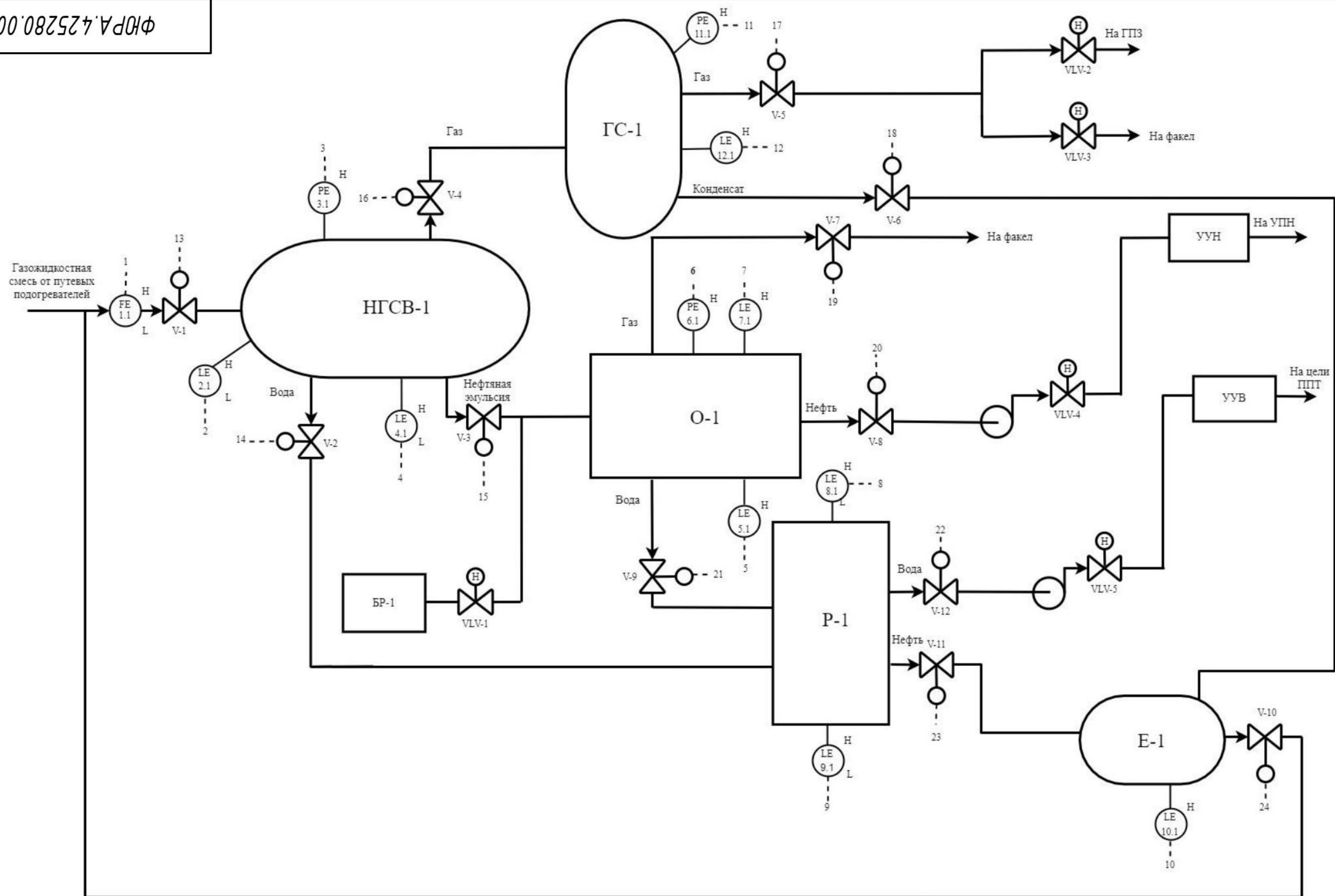
37. ГОСТ Р ИСО 12894-2019 Эргономика термальной среды. Медицинское наблюдение за людьми, подверженными воздействию экстремально горячей или холодной среды [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200167490>, свободный.

Приложение А

(обязательное)

Функциональная схема автоматизации

ΦΗΡΑ.425280.001



					ФЮРА.425280.001				
					Функциональная схема автоматизации	Лит.		Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		У			
Разраб.	Ямкин Н.Н.								
Пров.	Громаков Е.И.								
Т. контр.									
Нач.отд.						Лист		Листов 1	
Н. контр.						ТПУ ИШИТР			
Утв.						Группа 8Т7А			

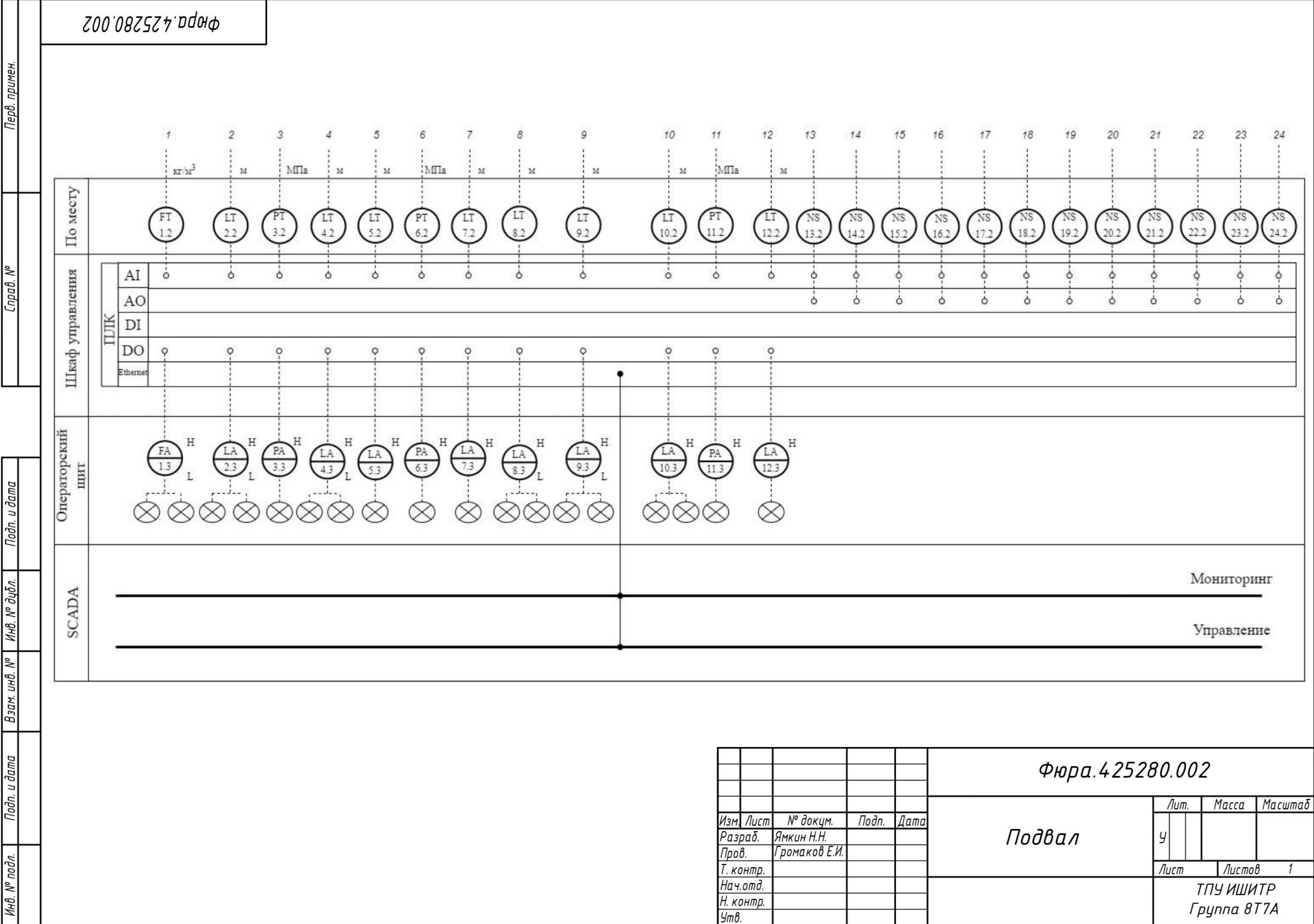
Копировал

Формат АЗ

Приложение Б

(обязательное)

«Подвал»



Приложение В

(обязательное)

Функциональная схема автоматизации упрощенная

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

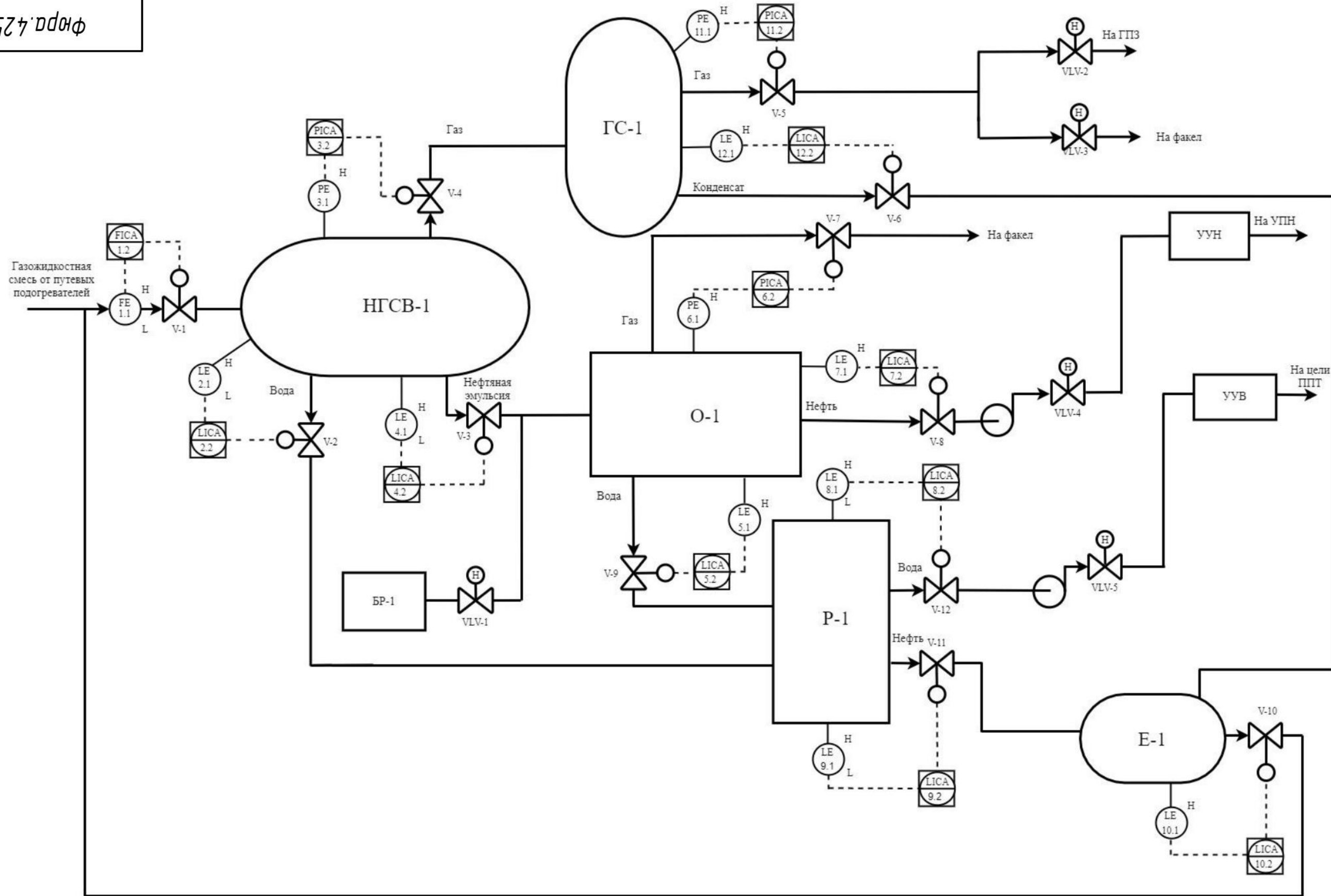
Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

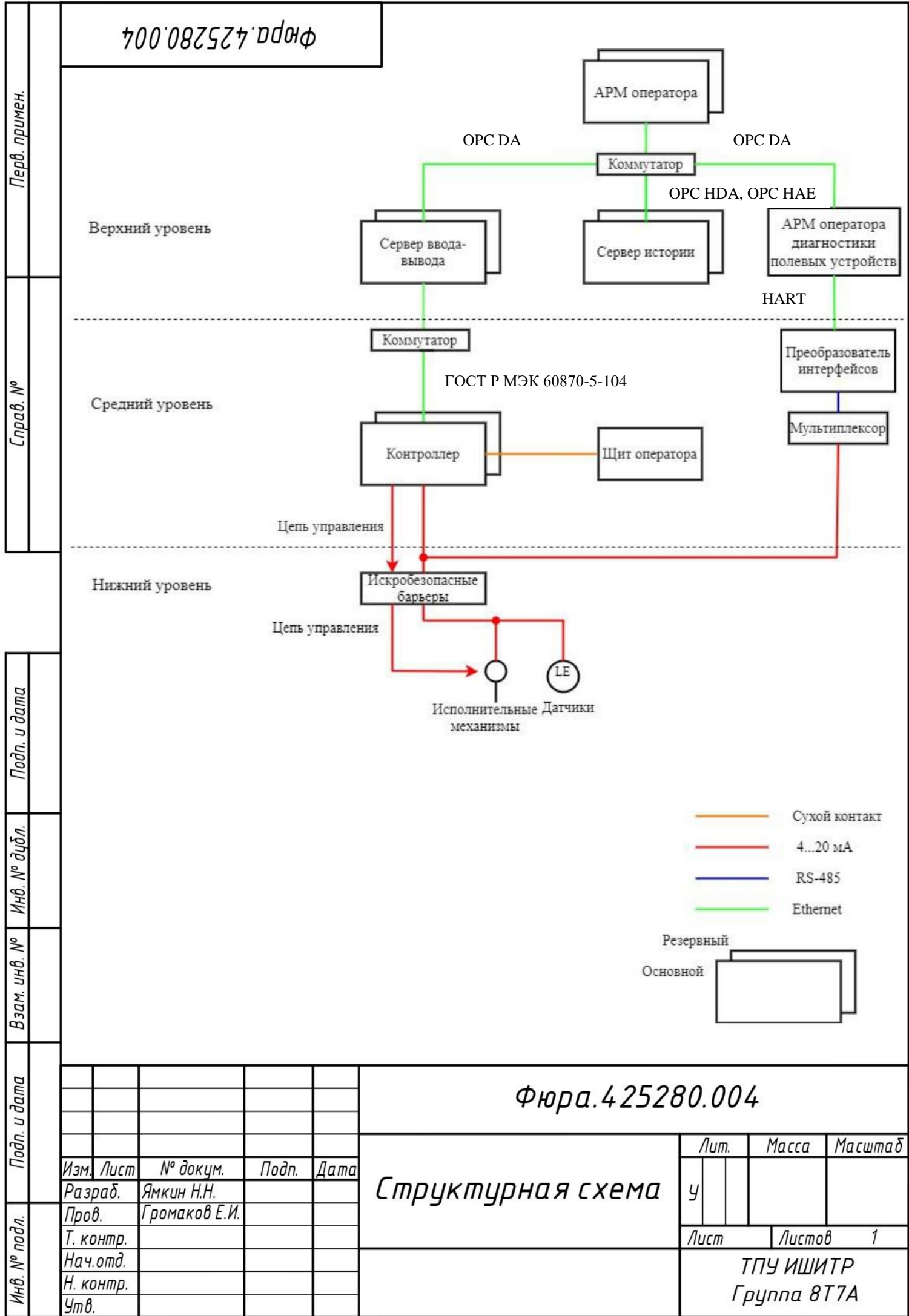
Фюра.425280.003



					Фюра.425280.003				
					Функциональная схема автоматизации	Лит.		Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		У			
Разраб.	Ямкин Н.Н.								
Пров.	Громаков Е.И.								
Т. контр.									
Нач.отд.						Лист		Листов 1	
Н. контр.						ТПУ ИШИТР Группа 8Т7А			
Утв.									

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Ямкин Н.Н.		
Пров.		Громаков Е.И.		
Т. контр.				
Нач.отд.				
Н. контр.				
Утв.				

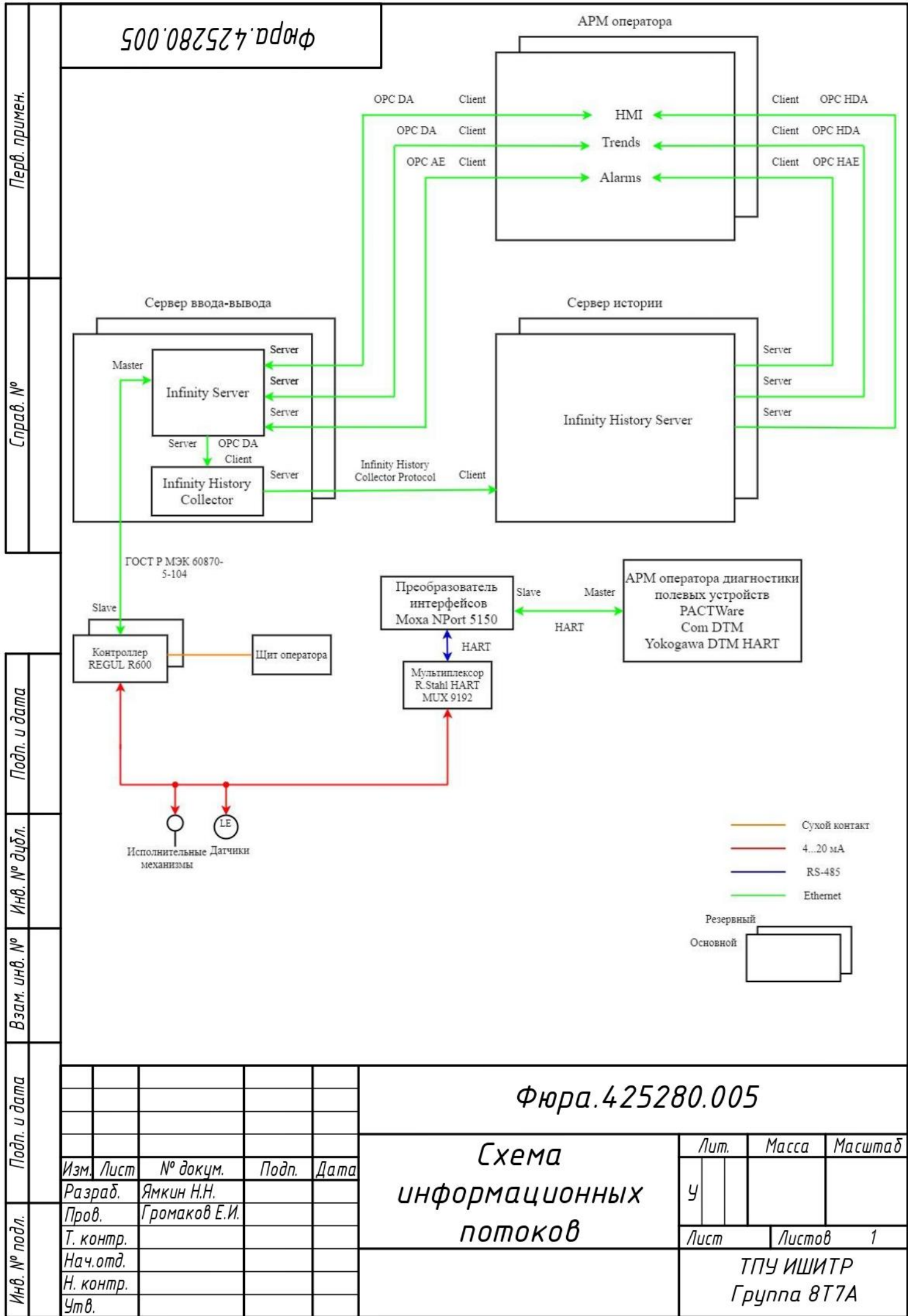
Приложение Г
(обязательное)
Структурная схема



Приложение Д

(обязательное)

Схема информационных потоков



Приложение Е

(обязательное)

Схема внешних проводок

Инв. № подл.

Приложение Ж

(обязательное)

Мнемосхема

Фюра.425280.007

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

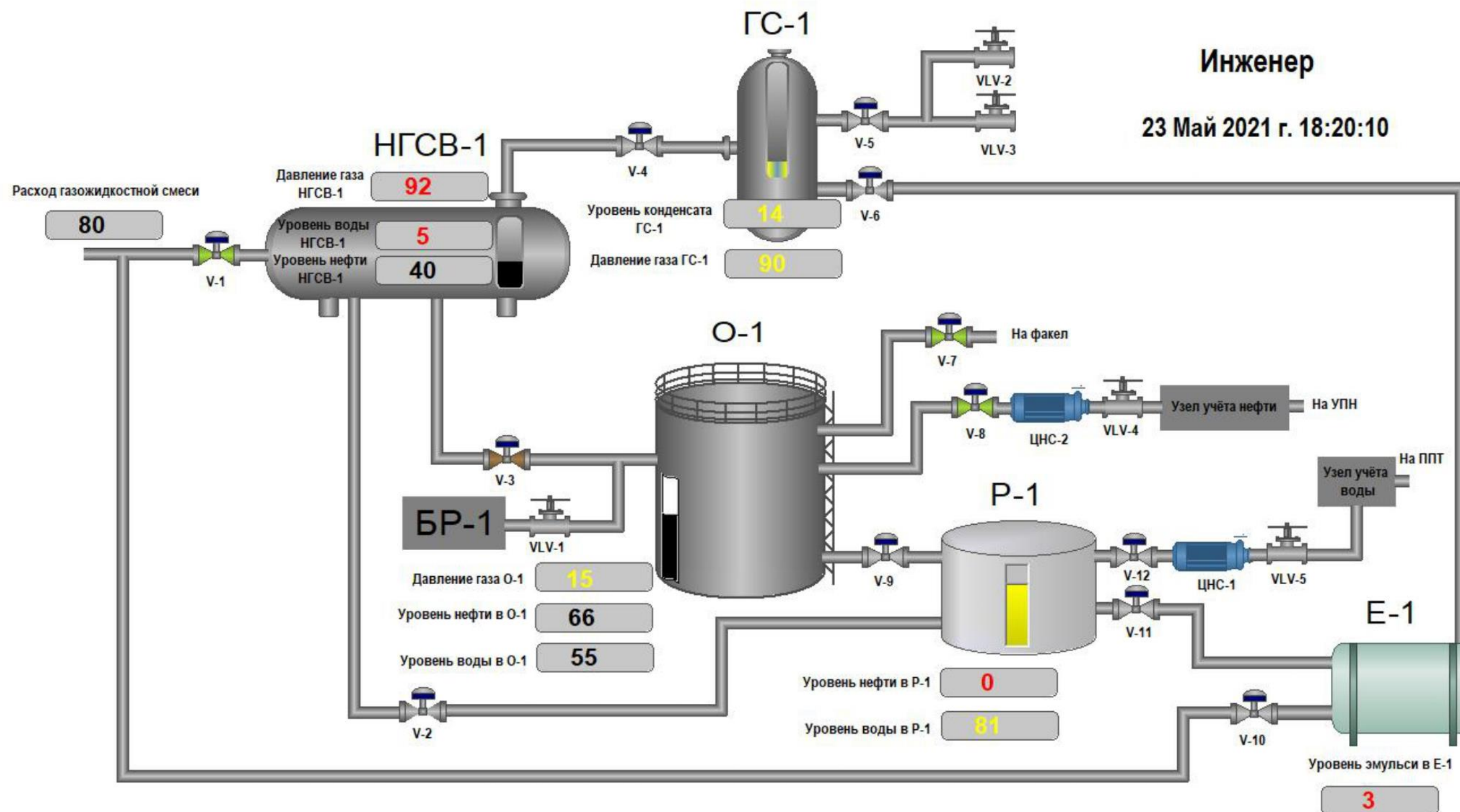
Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Инженер

23 Май 2021 г. 18:20:10



					Фюра.425280.007				
					Мнемосхема	Лит.	Масса	Масштаб	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		У			
Разраб.	Ямкин Н.Н.								
Пров.	Громаков Е.И.								
Т. контр.						Лист	Листов	1	
Нач.отд.						ТПУ ИШИТР			
Н. контр.						Группа 8Т7А			
Утв.									

Копировал

Формат А3

Приложение И

(обязательное)

Алгоритм сбора данных

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Фюра.425280.008

Начало

Передача сигнала измерения с датчика в ПЛК

Изменилась ли величина сигнала?

Да

Нет

Превышает ли величина сигнала любой из пределов?

Да

Нет

Включение предупредительной сигнализации

Выполнение алгоритма управления ПЛК

Передача изменившегося сигнала измерения на сервер ввода-вывода

Запись сигнала в сервер ввода-вывода

Отображение оперативных данных на АРМ

Запись сигнала в сервер истории

Отображение исторических данных на АРМ

Передача сигнала измерения на сервер ввода-вывода

Запись сигнала в сервер ввода-вывода

Отображение оперативных данных на АРМ

Запись сигнала в сервер истории

Отображение исторических данных на АРМ

Конец

Фюра.425280.008

Лит.

Масса

Масштаб

у

Лист

Листов

1

Изм.

Лист

№ докум.

Подп.

Дата

Разраб.

Ямкин Н.Н.

Пров.

Громаков Е.И.

Т. контр.

Нач.отд.

Н. контр.

Утв.

Алгоритм сбора данных

ТПУ ИШИТР

Группа 8Т7А

Копировал

Формат А4

Приложение К

(обязательное)

Алгоритм управления клапаном

Перв. примен.		Справ. №		Подп. и дата		Инв. № дубл.		Взам. инв. №		Подп. и дата		Инв. № подл.							
Фюра.425280.009												Фюра.425280.009		Лит.		Масса		Масштаб	
												Алгоритм управления клапаном		у		Лист		Листов 1	
Изм. Лист												№ докум.		Подп.		Дата		ТПУ ИШИТР Группа 8Т7А	
Разраб.												Ямкин Н.Н.							
Пров.												Громаков Е.И.							
Т. контр.																			
Нач.отд.																			
Н. контр.																			
Утв.																			
Копировал												Формат А4							

Приложение Л

(обязательное)

Листинг

```
VAR_GLOBAL //Объявление глобальных переменных;
    OPN_INPUT: BOOL;
    CLS_INPUT:BOOL;
    OPNed_OUTPUT:BOOL;
    CLSed_OUTPUT:BOOL;
    ANALOG_OUTPUT_4_20:REAL;
END_VAR
PROGRAM PLC_PRG //Объявление локальных переменных;
VAR
    PROCENT:REAL;
END_VAR

//Основная программа;
IF OPN_INPUT = TRUE AND PROCENT<100 //Сработал флаг открытия задвижки;
    THEN PROCENT:=PROCENT+1; //Процент открытия задвижки увеличивается;
END_IF
IF CLS_INPUT = TRUE AND PROCENT>0 //Сработал флаг закрытия задвижки;
    THEN PROCENT:=PROCENT-1; //Процент открытия задвижки уменьшается;
END_IF
ANALOG_OUTPUT_4_20:=4+0.16*PROCENT; //Управляющий токовый сигнал (4 - 20)мА;
//4 мА - полное закрытие; 20 мА - полное
открытие;
IF PROCENT = 0 //Если процент открытия = 0 => задвижка
    THEN CLSed_OUTPUT:=TRUE; закрыта;
    ELSE CLSed_OUTPUT:=FALSE;
END_IF
IF PROCENT = 100 //Если процент открытия = 100 => задвижка
    THEN OPNed_OUTPUT:=TRUE; открыта;
    ELSE OPNed_OUTPUT:=FALSE;
END_IF
```

Приложение М

(обязательное)

Опросный лист на преобразователь уровня

Предприятие	ТПУ
Ф.И.О.	Ямкин Н.Н.
Наименование среды	Водонефтегазовая смесь
Измеряемый параметр	Уровень
Контроль раздела фаз	Требуется
Плотность среды, кг/м ³	По нефти – 900
Температура измеряемой среды, °С	От минус 7 до 23
Рабочее давление среды, МПа	11
Максимальный диапазон измерения, мм	2000
Вибрация процесса	Да
Причина вибрации	Налив
Выходной сигнал	(4 – 20) мА + HART
Напряжение питания	=24VDC
Предел допускаемой абсолютной/основной/относительной погрешности, мм	±3 мм
Тип первичного преобразователя	Радарный
Принцип измерения	Волноводный
Измерительный зонд	Жесткий зонд
Температура окружающей среды, °С	минус 40...80
Наличие местной индикации	Да
Степень защиты	Не ниже IP67
Вид взрывозащиты	Взрывонепроницаемая оболочка
Наличие штампа заводской калибровки	Да
Межповерочный интервал	2 года
Средний срок службы	10 лет
Наличие самодиагностики, диагностика мониторинга процесса, диагностика целостности токовой петли	Да

Приложение Н

(обязательное)

Опросный лист на преобразователь расхода

Предприятие	ТПУ
Ф.И.О.	Ямкин Н.Н.
Наименование среды	Водонефтегазовая смесь
Измеряемый параметр	Расход
Температура измеряемой среды, °С	От минус 7 до 23
Рабочее давление среды, МПа (изб.)	От 1 до 11
Расход рабочей среды (диапазоны), м³/ч	От 0 до 120000
Коррозионные примеси	Да
Присутствие твердых частиц	Да
Выходной сигнал	(4 – 20) мА + HART
Напряжение питания	=24VDC
Предел допускаемой основной приведенной погрешности, %	±1%
Температура окружающей среды, °С	минус 50...60
Наличие местной индикации	Да
Степень защиты	Не ниже IP67
Вид взрывозащиты	Взрывонепроницаемая оболочка
Наличие штампа заводской калибровки	Да
Межповерочный интервал	4 года
Средний срок службы	12 лет
Наличие самодиагностики, диагностика мониторинга процесса, диагностика целостности токовой петли	Да

Приложение П

(обязательное)

Опросный лист на преобразователь давления

Предприятие	ТПУ
Ф.И.О.	Ямкин Н.Н.
Наименование среды	Водонефтегазовая смесь
Измеряемый параметр	Избыточное давление
Температура измеряемой среды, °С	От минус 7 до 23
Давление измеряемой среды/диапазоны, МПа (изб.)	От 0 до 16
Выходной сигнал	(4 – 20) мА + HART
Напряжение питания	=24VDC
Предел допускаемой основной приведенной погрешности, %	±0,5%
Температура окружающей среды, °С	минус 40...80
Наличие местной индикации	Да
Материал корпуса	Алюминий
Степень защиты	IP67
Вид взрывозащиты	Взрывонепроницаемая оболочка
Наличие штампа заводской калибровки	Да
Межповерочный интервал	4 года
Средний срок службы	12 лет
Наличие самодиагностики, диагностика мониторинга процесса, диагностика целостности токовой петли	Да